

Instituts für Didaktik der Physik in Forschung und Lehre an der



Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Haupt- und Realschulen im Fach Physik, eingereicht bei der Hessischen Lehrkräfteakademie – Prüfungsstelle Frankfurt am Main.

Thema:

Lehrkräftebefragungen zu inklusiven Experimentierkisten

Bearbeitungszeitraum: 13.11.2024 – 05.02.2025

Verfasserin:

Tabea Doll (geb. Denzinger)

Gutachter:

Herr Prof. Dr. Thomas Wilhelm

„Sage es mir, und ich vergesse es; zeige es mir, und ich werde mich erinnern; lass es mich tun, und ich behalte es.“

— Konfuzius (551 – 479 v. Chr.)



Abbildung 1: Portrait Konfuzius

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Theoretische Grundlagen	3
2.1. Das naturwissenschaftliche Experiment.....	3
2.2. Experimentieren, laborieren, explorieren, Versuche durchführen.....	4
2.3. Experimente im Schulunterricht	5
2.2.1. Unterschiede zwischen wissenschaftlichen und schulischen Experimenten: Funktionen und Ziele	5
2.2.2. Arten von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	6
2.2.3. Das Konzept des forschend-lernenden Experimentierens (<i>Inquiry-Based Learning</i>) zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung	7
2.2.4. Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht.....	9
2.3.4.1. Die Entwicklung eines inklusiven Bildungssystems.....	9
2.3.4.2. Inklusion und Integration	10
2.3.4.3. Inklusion in der Schule – Herausforderungen und Probleme.....	11
2.3.4.4. Didaktische Ansätze zu inklusivem Naturwissenschaftsunterricht.....	13
2.2.5. Experimente im Unterricht: Die Rolle der Lehrkraft.....	16
2.2.6. Vorgaben des hessischen Bildungsplans zum Experimentieren	17
3. Die Forscherboxen.....	22
3.1. Konzept und Aufbau der Forscherboxen	22
3.2.1. Forscherboxen zum Thema Farben.....	25
3.2.2. Forscherboxen zum Thema Kleben und Haften.....	27
4. Empirischer Teil.....	31
4.1. Forschungsfrage und Forschungsziel	31
4.2. Methodik	32
4.2.1. Stichprobe und Datenerhebung	32
4.2.2. Entwicklung der Forschungsmethode: Lehrerfragebögen.....	33
4.2.3. Datenanalyse.....	42
4.3. Auswertung der Fragebögen und Darstellung der Ergebnisse	43
4.4. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse	54

4.5. Fazit und Ausblick	64
5. Literaturverzeichnis	66
6. Abbildungsverzeichnis	73
7. Anhang	74
8. Eidesstaatliche Versicherung.....	86

1. Einleitung

Im Rahmen meines Lehramtsstudiums bin ich von Kommilitoninnen und Kommilitonen auf die Lehrveranstaltung Studieren und Forschen im Schülerlabor, kurz SuFiS, aufmerksam geworden. Da ich selbst die Fächer Biologie und Physik studiere und immer wieder versuche, in meinem Unterricht an angebrachter Stelle das andere Fach in ein Thema miteinzubeziehen, war ich sofort bereit, an der Veranstaltung teilzunehmen. Das Seminar ist Teil des Lern-Labor-Projekts E²piMINT der Goethe Universität Frankfurt am Main. Dieses hat es sich zum Ziel gemacht, inklusive Forscherboxen zu unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Themen zu erstellen und Experimente zu entwickeln, mit Hilfe derer die Schülerinnen und Schüler sich selbstständig und auf individuellem Lernniveau mit Themen aus den Blickwinkeln der Biologie, Chemie und Physik zu beschäftigen. Die Experimente wurden von Lehramtsstudierenden der betreffenden Fächer entwickelt und evaluiert, bevor sie in einer Pilotphase durch freiwillige Schulklassen aus unterschiedlichen Schulformen und Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I getestet wurden. Ich selbst habe an der Forscherbox eins zum Thema Kleben und Haften in der Pflanzen- und Tierwelt aktiv mitgewirkt und das Experiment zur Bestäubung von Blütenpflanzen erstellt. Die Lernenden wurden nach der Erprobungsphase von einigen Studierenden befragt, um die Qualität der Forscherboxen stetig verbessern zu können. Der Fokus lag bei allen Befragungen auf den Schülerinnen und Schülern, deren individuellen Bedürfnissen und Interessensgebieten und möglichen Differenzierungsmöglichkeiten als Inklusionsmaßnahmen. Da ein weiteres Ziel des Projektes die Vereinfachung der Implementierung von Forschungsexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht ist, hat sich mir im Verlauf des Seminars die Frage gestellt, was die Lehrenden zum Konzept der Forscherboxen denken. Ich wollte gerne einen weiteren Blickwinkel offenlegen und Lehrerinnen und Lehrer befragen. So entstand der Beschluss, meine wissenschaftliche Hausarbeit darüber zu verfassen. Aus der anfänglichen Frage nach der Meinung der Lehrpersonen zu den Forscherboxen entwickelte sich mit der Zeit eine doch komplexere Fragestellung und Problematik, als ich es zuvor gedacht hätte. Taffe Lehrpläne, eine große Menge an Lernstoff, die in jedem Schuljahr vermittelt werden muss, zunehmende Heterogenität mit umfassenden Differenzierungsanforderungen und Zeitmangel stehen der Forderung des Bildungsplans für die Sekundarstufe I in Hessen nach Einbettung von Experimenten in den Schulunterricht als naturwissenschaftliche Arbeitsweise zur Erkenntnisgewinnung. Ich persönlich habe die Erfahrung gemacht, dass sich die Vorbereitungs- und auch Nachbereitungszeit einer Unterrichtsstunde ohne experimentelle Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler maßgeblich von der einer Stunde mit Schülerexperiment unterscheidet. Von der Auswahl und Begründung eines geeigneten Experiments, über die Besorgung der benötigten Materialien, die Raumbeschaffung und Erstellung der Anleitungen, bis zur Differenzierung und Entscheidung für die Art der Ergebnissicherung, erfordert

diese Unterrichtsmethode wesentlich mehr Zeit als reiner Frontalunterricht. Aus einer einzelnen anfänglichen Frage ist ein ganzer Fragenkatalog entstanden: Was sind Experimente und wie unterscheiden sich die in der Schule eingesetzten von den tatsächlich in der naturwissenschaftlichen Forschung angewandten? Wie häufig werden Schülerexperimente tatsächlich im Unterricht eingesetzt und welchen Nutzen haben sie für Lernende? Sind die Forscherboxen eine geeignete Methode, um Experimente häufiger im Naturwissenschaftsunterricht zu implementieren? Werden Lehrerinnen und Lehrer dadurch entlastet oder zusätzlich belastet? In welchen Bereichen erfahren sie die Be- oder Entlastung? Welche Faktoren bedingen den Einsatz von Schülerexperimenten? Welche Rolle spielen die Lehrenden und welche die Lernenden? Diesen und weiteren Fragen wollte ich auf den Grund gehen und habe dafür einen Lehrerfragebogen konzipiert, den Lehrerinnen und Lehrer, die die Boxen bereits testen konnten, auf freiwilliger Basis ausgefüllt haben. Ich habe mich deshalb auch entschlossen, das Schülerlabor als studentische Hilfskraft zu betreuen, um die Fragebögen zum Einsatz zu bringen.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Doktor Wilhelm und den Doktorandinnen Giulia Pantiri und Lea Mareike Burkhardt ein riesiges Dankeschön für die großartige Betreuung meiner wissenschaftlichen Hausarbeit aussprechen. In meinem gesamten Studienverlauf habe ich noch nicht eine so wertschätzende und auf allen Ebenen motivierende und entgegenkommende Betreuung und konstruktiv-kritische und jederzeit verfügbare Unterstützung erfahren, wie ich es sie Ihnen erleben durfte. Danke, dass Sie alle meinen Weg begleitet und mir die Freiheit gelassen haben, mein Forschungsinteresse zu verfolgen, immer mit dem Wissen, dass ich bei jeder noch so kleinen Frage oder Ungewissheit ein professionelles Team an der Seite habe, das mich unterstützt.

2. Theoretische Grundlagen

2.1. Das naturwissenschaftliche Experiment

Der Begriff Experiment leitet sich vom lateinischen Wort *experimentum* ab, das mit Versuch, Prüfung, Probe oder Beweis übersetzt werden kann (Pons, o. D.). In den Naturwissenschaften und auch in den empirischen Wissenschaften, wie der Medizin, der Psychologie oder den Bildungswissenschaften, bezeichnet das Experimentieren eine zentrale empirische Methode, die zur absichtlichen und gezielten Überprüfung oder Gewinnung von Erkenntnissen unter kontrollierten Rahmenbedingungen dient (Schulz, Wirtz & Starauschek, 2012). Während des Experimentierprozesses müssen die das Experiment beeinflussenden Variablen kontrollierbar sein mit dem Zweck der Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der darzustellenden Ergebnisse (Rey, 2021). Wild und Schmitt (2012) betonen außerdem die Reduktion als wichtige Komponente von experimentellen Tätigkeiten. Diese ist gekennzeichnet durch die Komprimierung eines in der Realität komplexen Phänomens auf vereinfachte Systeme, die dann einfacher gezielt untersucht werden können. Das Experimentieren zählt neben dem Beobachten und dem Untersuchen zu den grundlegenden und zentralen Aspekten naturwissenschaftlicher Forschung (ebd.). Um die experimentell gewonnenen Ergebnisse qualitativ prüfbar zu machen, müssen Experimente bestimmte Kriterien erfüllen. Lienert und Raatz (1998) haben drei Gütekriterien für Tests definiert, die eine verlässliche Aussage über die Qualität von Erhebungsverfahren und deren Ergebnissen zulassen: die Objektivität, die Reliabilität und die Validität. Wild und Schmitt (2012) übertragen diese Kriterien speziell auf Experiment. Die Objektivität der Beobachtungen und Ergebnisse ist unabdingbar. Das bedeutet, dass das Experimentieren nicht durch die durchführenden Personen beeinflusst sein darf, sondern sich unabhängig von ihnen einstellen muss. Das Objektivitätskriterium betrifft neben dem Aspekt der Durchführung auch die Auswertung und die Ergebnisinterpretation (Lienert & Raatz, 1998). Die Durchführungsobjektivität ist gegeben, wenn ein Test oder Experiment für jede Person nahezu gleich ausgeführt werden kann. Um eine Auswertungsobjektivität zu gewährleisten, dürfen die Ergebnisse nicht subjektiv beeinflusst werden, sondern deren Sicherung sollte anhand standardisierter Regeln und rein objektiv erfolgen (ebd.). Gleichmaßen ist das Test- bzw. Experimentergebnis unabhängig von ausführenden Personen zu interpretieren, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Ist ein experimenteller Test reliabel, so kann von einem hohen Maß an Zuverlässigkeit und einer genauen Messmethode ausgegangen werden. Es wird folglich erwartet, dass bei wiederholte Testungen unter gleichen Bedingungen dieselben Ergebnisse generiert werden. Die Validität gibt an, ob mit einer gewählten Messmethode bzw. einem ausgewählten Experiment inhaltlich genau das Phänomen gemessen wird, das untersucht werden soll und somit die geforderten Kriterien des Tests erfüllt (ebd.).

Zusammenfassend lassen sich für wissenschaftliche Experimente folgende Kriterien festhalten:

1. Es gibt eine Hypothese, die das Problem beschreibt und zugleich das Ziel des Experiments vorgibt.
2. Das Experiment wird zu einem bestimmten Zweck und planmäßig unter künstlichen Rahmenbedingungen vorbereitet und durchgeführt.
3. Die Einflussfaktoren werden systematisch variiert mit dem Ziel der Datengewinnung, um daraus zu Erkenntnissen zu gelangen.
4. Ein Experiment muss die zentralen Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität zu jeder Zeit erfüllen.

2.2. Experimentieren, laborieren, explorieren, Versuche durchführen

Unter fachdidaktischen Gesichtspunkten ist eine differenzierte Betrachtung der unterschiedlichen Begriffe für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im schulischen Kontext wichtig. Unter Experimentieren werden in Schulen häufig unterschiedliche Arten naturwissenschaftlichen Handelns synonym bezeichnet (Mayer & Ziemek, 2006). Hartinger et. al (2013) unterscheiden experimentieren, laborieren, explorieren und Versuche durchführen. Grygier und Hartinger (2009) haben hierzu eine stark komprimierende Vier-Felder-Übersicht erstellt, die die Arbeitsweisen nach dem Vorhandensein einer Anleitung bzw. Vorgehensweise und einer Hypothese bzw. Fragestellung einteilt (**Abbildung 2**).

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuche durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

Abbildung 2: Vier-Felder-Übersicht (Grygier & Hartinger, 2009, S. 15)

Sowohl beim Experimentieren als auch beim Laborieren ist eine wissenschaftliche Fragestellung vorgegeben. Dies ist beim Explorieren und Versuche durchführen nicht der Fall. Der Unterschied zwischen Experimentieren und Laborieren liegt im Vorhandensein einer Vorgehensweise. *Experimente* haben eine zugrundeliegende Fragestellung, der durch gezielte Variation beeinflussender Parameter auf den Grund gegangen wird. Es gibt keinen festgelegten Ablauf, der das Verstehen dynamischer Prozesse und Funktionsabläufe zum Ziel hat. Das *Laborieren* ist nach K. H. Wiebel (2000) ein durch eine vorgegebene Handlungsanleitung ergänztes

Experimentieren. Sollen Lernende *Versuche durchführen*, ist ebenfalls eine Vorgehensweise festgeschrieben, das bedeutet, dass sie bestimmten Durchführungsschritten Folge leisten. Anders als beim Laborieren ist jedoch keine Fragestellung vorhanden. Diese muss von den Schülerinnen und Schülern selbst gewählt werden (Grygier & Hartinger, 2009). Von Fragestellungen und Vorgehensweisen vollkommen abgelöst ist das *Explorieren*. Kinder können sich dabei völlig frei und kreativ mit naturwissenschaftlichen Materialien oder Themen auseinandersetzen, Fragestellungen entwickeln, Durchführungen planen oder verwerfen. Ziel ist nicht etwa die Beantwortung einer Forschungsfrage oder das Erzielen einer bestimmten Beobachtung, sondern die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichem Material oder Thema (Köster, 2006).

2.3. Experimente im Schulunterricht

2.2.1. Unterschiede zwischen wissenschaftlichen und schulischen Experimenten: Funktionen und Ziele

Experimente im Schulunterricht unterscheiden sich grundlegend bezogen auf die Eigenschaften, Funktionen und Ziele von naturwissenschaftlichen Forschungsexperimenten. In Naturwissenschaften verfolgen Forscher das Ziel, Erkenntnisse über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu gewinnen. Dies geschieht dadurch, dass Hypothesen oder Fragestellungen formuliert werden, die anschließend in hypothesengeleiteten Experimente unter kontrollierbaren Bedingungen durch systematische Parametervariation geplant und durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der dem Phänomen zugrundeliegenden Theorie interpretiert und so die Hypothese verifiziert oder falsifiziert und folglich angepasst. Dieses Verfahren nennt sich hypothetisch-deduktives Verfahren zur Erkenntnisgewinnung (Kremer et al., 2019). In Schulen kann dies mitunter wegen der geringen Erfahrung der Lernenden mit wissenschaftlichen Arbeitsweisen und der limitierten Ausstattung der naturwissenschaftlichen Sammlungen nur mittels eines idealisierten und damit deutlich weniger offenen hypothetisch-deduktiven Unterrichtsverfahrens gelehrt werden (ebd.). Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern einen Überblick über typische Arbeits- und Denkweisen von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern zu geben, in denen sie sich üben können. Sie erlernen dadurch nicht nur die Grundideen naturwissenschaftlichen Handelns und Problemstellungen der Naturwissenschaften theoretisch kennen, sondern entwickeln methodische Handfertigkeiten und Kompetenzen im Rahmen schulischer Experimente: Darunter fallen die Formulierung von Hypothesen und Leitfragen, die Planung und Durchführung von Versuchen in Einzelarbeit und kooperativer Partner- oder Gruppenarbeit und die Benennung und Interpretation der Ergebnisse auf Grundlage ihres Vorwissens (ebd.). Die einem solchen naturwissenschaftlichen Unterricht

zugrundeliegende Methode nennen Kremer et al. „Forschend-lernendes Experimentieren“ (2019, S. 117).

2.2.2. Arten von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Welche Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe 1 eingesetzt werden, entscheidet das Unterrichtsziel, die Unterrichtsphase und der Lehrinhalt. Innerhalb einer Experimentkategorie können unterschiedliche Komplexitätsstufen und Methoden variieren. Die am häufigsten durchgeführten Arten werden im Folgenden kurz aufgeführt.

Interaktive digitale oder virtuelle Experimente

Der Einsatz digitaler Endgeräte wie Computer, Tablets und Smartphones ermöglicht die Nutzung digitaler und virtueller Experimente. Die Lernenden können interaktiv in einer App oder einer Software experimentieren und Phänomene erforschen. Die Unabhängigkeit von physischen Materialien hat den Vorteil, dass Schülerinnen und Schüler deutlich mehr Experimente simuliert durchführen können, die aufgrund der Materialknappheit oder der Gefährlichkeit in der Realität nicht umsetzbar gewesen wären.

Außerschulische oder Feld-Experimente

Bei manchen Experimenten bietet es sich an, diese in der Natur, beispielsweise im Wald, auf einer Wiese, an einem Bach oder im Garten durchzuführen. Die Schülerinnen und Schüler können so Naturphänomene hautnah in der Realität erleben und fördern damit das Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse.

Modell- und Simulationsexperimente

Es gibt Experimente, die aufgrund ihrer Komplexität und Abstraktheit nicht realitätsgetreu im Schulunterricht durchgeführt werden können. Für die Veranschaulichung eignen sich Modelle und Simulationen, die naturwissenschaftliche Phänomene und Prozesse vereinfacht darstellen.

Lehrergesteuerte Demonstrationsexperimente

Experimente, die ausschließlich von der Lehrperson durchgeführt werden, werden Demonstrationsexperimente genannt. Die Lernenden beobachten aufmerksam und sammeln

Eindrücke oder formulieren Fragen bzw. Hypothesen. Ziel ist es, ein Thema einzuführen oder Konzepte zu veranschaulichen.

Eigenständige Schülerexperimente

In Schülerexperimenten sind die Kinder dazu angehalten, in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit Experimente durchzuführen und teilweise auch zu planen, Hypothesen zu formulieren und die Ergebnisse auszuwerten. Der Grad an Selbstständigkeit misst sich am Alter der Schülerinnen und Schüler, an deren Experimentiererfahrung und Geschicklichkeit, an der Materialausstattung in der Schule und dem Gefährlichkeitsgrad des Experiments selbst. Die Lernenden sollen dadurch an wissenschaftliche Arbeitsweisen herangeführt werden und gleichzeitig ihre Fähigkeit des eigenständigen Arbeitens und Forschens weiterentwickeln.

Systematische Experimentierreihe

Sie bestehen aus einer Serie an Experimenten, bei denen der Einfluss einer oder mehr systematisch veränderten Variablen über längere Zeit beobachtet werden soll. Diese Art des Experimentierens macht Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten deutlich und liefert genauere und verlässlichere Resultate.

Wild und Schmitt (2012) unterscheiden außerdem spezifischer mit Blick auf die Zielsetzung des Experimenteinsatzes zwischen einführendem, bestätigendem und entdeckendem Experiment.

Zusammenfassend lässt sich nach Galileo Galilei (1564 – 1642) das Experiment als „gezielte Frage an die Natur“ (Eschenhagen et al., 1998; zitiert nach Wild & Schmitt, 2012, S. 6) verstehen.

2.2.3. Das Konzept des forschend-lernenden Experimentierens (*Inquiry-Based Learning*) zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Die Basis für ein naturwissenschaftliches Grundverständnis (*scientific literacy*) sind „die Natur der Naturwissenschaften (*nature of science*) und die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung (*nature of inquiry*)“ (Harms, Mayer, Hammann, Bayrhuber & Kattmann, 2004; Mayer, 2004; Kremer & Mayer, 2013; NRC, 1996; Schwartz & Crawford, 2006; zitiert nach Streich &

Mayer, 2020, S. 14). Um diese im schulischen Naturwissenschaftsunterricht angemessen zu vermitteln, bietet sich das Unterrichtskonzept des **Forschenden Lernens (*Inquiry-Based Learning*)** an (Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenebaum, 2011; Dobber, Zwart, Tanis & Van Oers, 2017; Pedaste et al., 2015; zitiert nach Streich & Mayer, 2020). Im Zentrum steht die direkte Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen, zumeist durch Experimente. Diese sind wenigstens phasenweise an die hypothetisch-deduktiven Verfahren angewandter Naturwissenschaften angelehnt und werden im Unterricht von Lernenden mit mehr oder weniger starker Lenkung durch Lehrende praktiziert. Mayer und Ziemek (2006) zufolge kann das Forschende Lernen in vier Teilaspekte gegliedert werden: Lernen in Kontexten, Kooperatives Lernen, Eigenständiges, offenes Lernen und Problemorientiertes Lernen.

Gerade die kontextbezogene, situierte und realitätsnahe Lehre naturwissenschaftlicher Inhalte fördern ein sinnstiftendes Lernen und Verdeutlichen authentisch den Alltagsbezug und die Relevanz. Die direkte Verknüpfung von Lerngegenstand und Anwendung in der Lebenswelt der Lernenden wirkt sich positiv auf die intrinsische Motivation und Entwicklung von Interessen der Schülerinnen und Schüler aus (Kremer et al., 2019; Mayer & Ziemek, 2006). Zudem wird die Transferkompetenz geschult, das theoretische Wissen auch in außerschulischen Bereichen anzuwenden (Mayer & Ziemek, 2006).

Experimente werden häufig in kooperativer Partner- oder Gruppenarbeit durchgeführt. Im Fokus stehen neben der Förderung sozialer Kompetenzen, darunter Teamfähigkeit und Kompromissbereitschaft. Sowohl die Eigenständigkeit und Selbstkontrolle der Lernenden als auch die Kommunikationsfähigkeit werden gefördert. Der dynamische Austausch wirkt sich positiv auf das Gruppenergebnis aus (Renkl, 2009) und führt zeitgleich zu einem fundamentalen Verständnis des Lerngegenstandes (Streich & Mayer, 2020).

Das Lehrkonzept legt großen Wert auf ein hohes Maß an Selbststeuerung und Eigenständigkeit. Die Schülerinnen und Schüler erhalten von den Lehrpersonen lediglich Probleme, Denkansätze und eventuell auch Strategien, um selbstbestimmt einen Weg zum Wissensaufbau zu gestalten. Wie stark eine Unterrichtseinheit bzw. ein Experiment vorab strukturiert und gelenkt ist, obliegt der Lehrkraft. Ziel des *Inquiry-Based Learning* ist ein sukzessiver Einbau von Handlungsspielräumen hin zu einem hohen Grad an Selbständigkeit.

Ausgangspunkt des Lernprozesses durch Forschendes Lernen ist immer ein authentisches Problem, dem Schülerinnen und Schüler durch Problemlösestrategien auf den Grund gehen sollen. Sie nutzen dafür ihr Vorwissen und die eventuell bereitgestellten Mittel durch Lehrende, um kreativ und kooperativ zu neuen, kritisch hinterfragten Erkenntnissen zu kommen. Sie sind dazu angehalten, den Weg des Wissenserwerbs selbst und aktiv zu gestalten (Mayer & Ziemek, 2006).

Die Aspekte des Forschenden Lernens spiegeln das zugrundeliegende Konzept des **Konstruktivismus** wider (ebd.). Der Wissenserwerb geschieht hierbei in einem aktiven Konstruktionsprozess, den der oder die Lernende selbstständig, mehr oder weniger geleitet durch die zur Verfügung gestellten Materialien oder Hilfen, und auf individuellem Lernniveau bewältigt. Die Personen entscheiden selbst, welche Inhalte für sie relevant und bedeutsam sind. Dies hat einen positiven Effekt auf Motivation und Interessensbildung (Reich, 2008). Die Effekte eines solchen Lernprozesses sind vielfältig: Es wird, um nur einige zu nennen, der Aufbau eines transferfähigen, kritischen und grundlegenden Wissens gefördert, es werden Problemlösestrategien entworfen und geübt, Selbstregulation und Selbstwirksamkeitsempfinden wird ausgebaut, soziale Kompetenzen werden geschult und bestehende und neue Wissensstrukturen vernetzt und organisiert (Fürstenau, 2019).

2.2.4. Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht

2.3.4.1. *Die Entwicklung eines inklusiven Bildungssystems*

Die Entwicklung eines inklusiven Bildungssystems reicht hunderte Jahre in der Geschichte Deutschlands zurück. Vor Ende des 19. Jahrhunderts war es üblich, Menschen mit geistigen und/oder körperlichen Behinderungen die Teilhabe an allen gesellschaftlichen Lebensbereichen zu verwehren. Sie wurden nicht wie die per damaliger Definition „normale Menschen“ behandelt und hatten somit auch im Bereich der schulischen Bildung nicht dieselben Chancen. Diese sogenannte Exklusion war alltägliche Praxis (Ellinger & Böttinger, 2016). Ab dem Jahr 1880 wurden in Deutschland Behinderten- bzw. Sonderschulen etabliert, in denen Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf getrennt von nicht-behinderten Kindern unterrichtet wurden. Ziel war es, innerhalb der Schulen eine möglichst homogene Schülerschaft zu schaffen. Zwar wurde Behinderten nicht mehr gänzlich der Zugang zur Bildung verwehrt, aber sie wurden dennoch von den anderen Kindern und Jugendlichen getrennt. Diese Separation war aufgrund des unzureichenden Angebots an Schulen mit sonderpädagogischer Förderung nicht immer möglich, weshalb es vorkam, dass Schülerinnen und Schüler mit Behinderung auch in allgemeinen Schulen aufgenommen wurden. Infolgedessen wurden die Anzahl der Behindertenschulen weiter ausgebaut, um eine flächendeckende Beschulung von behinderten Kindern zu ermöglichen (ebd.). In den folgenden Jahren gab es immer wieder Bemühungen, Menschen mit und ohne Beeinträchtigungen zusammenzuführen, beispielsweise in der Arbeitswelt. Die Rahmenbedingungen für die Etablierung von Inklusion bildete die 1948 verfasste Erklärung für Menschenrechte. Diese besagt, dass innerhalb der Gesellschaft alle Menschen gleich sind und nicht aufgrund etwaiger Förderbedarfe unterschieden werden dürfen (Deutsches Institut für Menschenrechte, o. D.). Im Jahr 1994 organisierte die UNESCO

in Zusammenarbeit mit der spanischen Regierung in Salamanca, Spanien, eine viertägige Konferenz zum Thema „Bildung für alle“. Die Teilnehmer, Vertreter von 92 Regierungen und 25 internationalen Organisationen, berieten darüber, welche politischen Änderungen festgesetzt werden müssen, um Kinder mit speziellem Förderbedarf angemessen unterrichten und somit besser in das Regelschulwesen integrieren zu können. Das in der Salamanca-Erklärung verfasste Recht auf Bildung unabhängig von allen Arten des Förderbedarfs führte zum Konzept integrativen Schulen. Die integrative Pädagogik ist kindzentriert, d.h. nicht die Kinder passen sich an die Lehr- und Lernprozesse an, sondern umgekehrt wird die Lehre an die individuellen Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler angepasst (UNESCO, 1994). Im Fokus stand allerdings die Integration von Behinderten und Kindern und Jugendlichen mit Lernschwierigkeiten, jedoch wurde auch der Integrationsbedarf von unter anderem Hochbegabten, Menschen mit Migrationshintergrund und sprachlichen, religiösen, kulturellen oder ethnischen Minderheiten deutlich. Es wurde klar, dass für die Umsetzung der Beschlüsse einige Änderungen im Regelschulsystem von Nöten sind (ebd.). Der bedeutendste Schritt zur Inklusion wurde im Jahr 2006 in New York gemacht, indem die Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) verabschiedet wurde, die schließlich 2008 in Kraft trat (Degener, 2015). 2007 fand die Ratifizierung in Deutschland statt. Seit 2009 ist das Übereinkommen verbindlich festgesetzt. Menschen mit Behinderungen sind nicht mehr nur in die Gesellschaft integriert, sondern als vollwertige Gesellschaftsmitglieder anerkannt und ihnen wird eine uneingeschränkte Teilhabe zugeschrieben. Die UN-BRK ist ein Menschenrecht (Schattenmann, 2014). In der ursprünglich in Englisch verfassten Konvention wurden grobe Fehler in der Übersetzung ins Deutsche gemacht, weshalb es zu einer sogenannten Schattenübersetzung kam. Besonders in die Kritik geriet Artikel 24, der das Menschenrecht auf inklusive Bildung beinhaltet. Das Netzwerk Artikel 3 – Verein für Menschenrechte und Gleichstellung Behinderter e.V. erarbeitete die fehlerhafte Übersetzung des englischen Begriffs *inclusion* mit Integration und nicht mit Inklusion. Dieser Fehler – unter anderen weiteren – wurde bis heute nicht korrigiert (Netzwerk Artikel 3 e.V., 2018). Um die Schwere der Problematik aufgrund der Schattenübersetzung von *inclusion* zu verstehen, muss ein Blick auf die Definition von Inklusion und Integration geworfen werden.

2.3.4.2. Inklusion und Integration

Der Begriff Inklusion stammt vom lateinischen Wort *includere* oder *inclusio*, welches einlassen, einschließen, bzw. Einschließung oder Einbeziehung bedeutet. Die Soziologie versteht unter dem Inklusionskonzept, dass innerhalb der Gesellschaft jeder Mensch akzeptiert wird, wie er ist und eine Chancengleichheit und Gleichberechtigung unabhängig von Alter, Geschlecht, Religion, Herkunft, Bildung und Beeinträchtigungen herrscht. In der Pädagogik versteht man unter Inklusion die gemeinsame Unterrichtung von Kindern und Jugendlichen mit und ohne

Behinderung in Regelschulen. Kein Schüler und keine Schülerin soll vom Unterricht aufgrund besonderer (Förderungs-) Bedürfnisse ausgeschlossen werden (Quante, 2021). Unterschiedlichkeit soll als Normalität wahrgenommen werden (Stosic & Diehm, 2019). Ein wichtiges Merkmal von schulischer Inklusion ist die Anpassung des Unterrichts an die Schülerinnen und Schüler und nicht umgekehrt die Anpassung der SchülerInnen an das Unterrichtssystem (Rouse, 2012). Im Gegensatz zur Inklusion stellt die Integration die Eingliederung einer Gruppe von „andersartigen“ Menschen in die Gruppe der „Normalen“. Das bedeutet, dass sich diejenigen mit besonderem Förderbedarf in gewisser Weise an die Rahmenbedingungen der „normalen“ Gesellschaft anpassen müssen, um eine funktionsfähige Einheit zu bilden. Es wird jedoch weiterhin zwischen „Behinderten“ und „Nicht-Behinderten“ differenziert (Donlic, Jaksche-Hoffman & Peterlini, 2019).

Bezüglich der Unterschiede zwischen Inklusion und Integration sind vor allem folgende zwei hervorzuheben:

1. Der Fokus bei integrativen Konzepten liegt auf dem Individuum selbst und seinen Bedürfnissen. Dagegen zielt die Inklusion darauf ab, allen Beteiligten gerecht zu werden und bezeichnet Bildung als grundlegendes Menschenrecht (Schattenmann, 2014).
2. Integration ist die Anpassung der Menschen mit Behinderung an das bestehende gesellschaftliche System. Sie basiert auf der Zwei-Gruppen-Theorie, nach der es differenzierte Ressourcen, individuelle Förderpläne und Unterstützungen für Kinder mit speziellem Förderbedarf gibt. In der inklusiven Praxis werden dahingegen die Rahmenbedingungen an die Bedürfnisse der behinderten Menschen angepasst. Es gilt die Theorie einer heterogenen Gruppe, d.h. es gibt umfassende Ressourcen für alle Kinder, Sonderpädagogen als Unterstützung für Lehrkräfte und einen individualisierten Unterricht, in dem alle gemeinsam lernen.

2.3.4.3. Inklusion in der Schule – Herausforderungen und Probleme

Wie sieht die Umsetzung der Theorie in die Praxis aus? Die Erfüllung des UN-BRK im Schulalltag ist eine komplexe Aufgabe für alle Beteiligten. Es genügt nicht, Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderungsbedarf zu platzieren. Wichtig ist vor allem die Sicherstellung einiger notwendiger Voraussetzungen. Es muss ein sonderpädagogisch qualifiziertes Förderpersonal eingestellt werden, das den Förderstatus feststellen und Förderpläne erstellen kann. Des Weiteren ist eine enge Kooperation zwischen Förderlehrkräften, beteiligten Lehrkräften, betreffenden Schülerinnen und Schülern, Eltern und gegebenenfalls externen Personen, wie z.B. Therapeuten, wichtig. Außerdem müssen individuelle Unterrichtsinhalte und -ziele in das gesamte Unterrichtsgeschehen integriert und manifestiert werden (Feuser, 2018). Das in

Deutschland vorherrschende Schulsystem der Sekundarstufe I ist strukturell selektiert und das System der Förderschulen gut ausgebaut. Die Etablierung eines inklusiven Schulsystems erhält häufig Gegenwind. Vor allem Lehrerinnen und Lehrer fühlen sich durch unzureichende Förderung, Ausbildung und Unterstützung überfordert. Die universitäre Ausbildung ist noch deutlich auf die unterschiedlichen Schultypen ausgelegt, sodass bei Nicht-Förderschulstudenten das Wissen über inklusive Konzepte schwindend gering ist, weil diese kaum Teil der Lehre sind. Es ist an dieser Stelle eine Transformation der Lehrerbildung notwendig, damit

„entsprechend des Artikel 24.4 der UN-Konvention [...] bundesweit auch alle für die Lehreraus-, Lehrerfort- und -weiterbildung Verantwortlichen sicherstellen, dass die erforderlichen Kompetenzen für inklusiven Unterricht in den Lehrerbildungsgesetzen, Studien- und Prüfungsordnungen sowie Modulkatalogen verbindlich verankert werden“ (Moser & Demmer-Dieckmann, 2012, S. 159).

Wichtig ist dabei vor allem die Differenzierungskompetenz, um Lernen für alle Schülerinnen und Schüler möglich zu machen (Moser & Demmer-Dieckmann, 2012). Insgesamt ist ein deutlicher Unterschied bezüglich der Verankerung von Inklusion im Schulsystem zwischen Kindertagesstätten, dem Primar- und dem Sekundarbereich. Den weitaus größten Inklusionsanteil verzeichnen Kindertagesstätten, gefolgt vom Primarbereich. Schlechter schneidet die Sekundarstufe I ab. Für die Sekundarstufe II liegen keine entsprechenden Daten vor (Klemm, 2021).

Obwohl die Mehrheit der Bevölkerung für eine Inklusion innerhalb der Gesellschaft ist, steht die Implementierung eines inklusiven Schulsystems stark in der Kritik (Hollenbach-Biele & Klemm, 2020). Eltern fordern das Bestehen der Trennung von allgemeinen Schulen und Förderschulen, weil die Rahmenbedingungen nicht befriedigend ausgereift sind. Es gibt nicht genügend Lehrerinnen und Lehrer, die für einen inklusiven Unterricht geschult sind. Außerdem äußern sie Befürchtungen über die Beeinträchtigung leistungsstarker Schülerinnen und Schüler durch den gemeinsamen Unterricht und daraus resultierende Schwierigkeiten für den Start in das Berufsleben (Aktion Mensch e. V./ die Zeit, 2019). Dem gegenüber stehen die nachgewiesenen Entwicklungschancen durch die Implementierung von Inklusion im Schulsystem. Die Deutsche UNESCO-Kommission (2014) berichtet, dass in „[einer] Studie des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) aus dem Jahr 2014“ (Deutsche UNESCO-Kommission, 2014, S. 17) ein positiver Effekt auf Schülerinnen und Schüler, die einen sonderpädagogischen Förderbedarf aufwiesen, wenn sie in Regelschulen unterrichtet wurden. Die Leistungen waren höher im Vergleich zu den Leistungen von entsprechenden Kindern in Förderschulen (ebd.). Die Ergebnisse konnten von einer in Bielefeld durchgeführten „Längsschnittstudie zum Lernen in inklusiven und exklusiven Förderarrangements (BiLieF)“ (ebd., S. 17) aus demselben Jahr bestätigt werden. Genauso profitieren geringfügig auch Schülerinnen und Schüler ohne sonderpädagogischen Förderbedarf von der gemeinsamen Beschulung mit Kindern mit

entsprechendem Förderbedarf (Hollenbach-Biele & Klemm, 2020). Die wichtige Voraussetzung für diese positiven Effekte ist jedoch ein standardisiert hochqualitativer Unterricht in allen Jahrgangsstufen. Dieser ist bisher in Deutschland aufgrund ungenügender Anpassung des Lehrerbildungssystems, fehlender Lehrkräfte und unzureichender Rahmenbedingungen, hierzu zählen auch barrierefreie Lernorte, noch nicht gegeben und die Prognosen für die kommenden Jahre sind unbefriedigend (Hollenbach-Biele & Klemm, 2020, nach KMK, 2019). Somit können die Ziele im Inklusionsprozess der UN-Konvention weiterhin nicht erfüllt werden. Die Inklusionsquoten steigen nur langsam. Die positiven Auswirkungen und Erfahrungen inklusiver Schulkonzepte für alle beteiligten Schülerinnen und Schüler treiben jedoch den weiteren Ausbau inklusiver Bildung und die Transformation der Lehrerbildung auf Grundlage der Inklusionskonzepte in Deutschland an (ebd.).

2.3.4.4. Didaktische Ansätze zu inklusivem Naturwissenschaftsunterricht

Vor dem Hintergrund der dargestellten Probleme einer gelingenden Inklusion von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarfen an Regelschulen, stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten sich für einen naturwissenschaftlichen Unterricht bieten, um jedem Lernenden einen gleichberechtigten Zugang zu einem naturwissenschaftlichen Grundverständnis (*scientific literacy*) zu ermöglichen. Im folgenden Abschnitt sollen einige didaktische Ansätze zur Förderung von Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht dargestellt werden:

Fächerübergreifendes Lernen

Fächerübergreifendes Unterrichten in den Naturwissenschaften ermöglicht es Schülerinnen und Schülern, Wissen aus verschiedenen Kontexten zum einen praktisch anzuwenden und zum anderen miteinander zu verknüpfen. Das dadurch entstehende tiefgehende Verständnis und die Vernetzung komplexer naturwissenschaftlicher Phänomene hat eine Förderung der Transferfähigkeit zur Folge (Labudde, 2014). Außerdem entwickeln Lernende Problemlösekompetenzen, die sie dazu befähigen, kreative und innovative Lösungsansätze für reale Probleme zu finden (Seiz & Simon, 2021). Das bedeutet, dass ein überfachlicher Unterricht neben fachlichen auch überfachliche Kompetenzen, wie beispielsweise die Problemlösekompetenz, differenziertes Denken und soziale Kompetenzen, fördert (Grob & Maag Merki, 2001; zitiert nach Labudde, 2014).

Universal Design for Learning (UDL) (nach CAST, 2024)

Ziel dieses pädagogischen Konzepts ist es, dass allen Schülerinnen und Schüler unabhängig von ihren lernspezifischen und persönlichen Bedürfnissen, körperlichen und geistigen Fähigkeiten oder Präferenzen, ein individueller Zugang zum Lerngegenstand gewährleistet wird. Der Unterricht wird hierdurch offener gestaltet und die Lernenden haben die Chance, an der Gestaltung ihres persönlichen Lernprozesses mitzuwirken. Diese Inklusionsmaßnahme vereint drei Grundprinzipien, die die Umsetzung im Schulunterricht bedingen:

1. Lerninhalte werden differenziert angeboten, also nicht ausschließlich in Textform, sondern auch als Audiodatei, Video oder in vereinfachter Darstellung durch Bilder.
2. Die Interessensgebiete und Kompetenzen der Lernenden stehen im Mittelpunkt. Sie werden unmittelbar in die Ausformung des Lernprozesses eingebunden und so motiviert, aktiv am Wissensaneignungsprozess teilzunehmen.
3. Schülerinnen und Schüler können auf unterschiedliche Art und Weise ihren Wissenszuwachs darstellen, beispielsweise in Form von Präsentationen, Portfolios, Vorträgen und schriftlichen oder mündlichen Prüfungen. Auch hier steht jedes Kind als Individuum mit seinen persönlichen Lern- und Kommunikationsstilen im Vordergrund.

Adaptiver Unterricht durch Differenzierung

Um allen Lernenden einen Zugang zum Lernprozess bieten zu können, ist eine Differenzierung der Themen und eine gleichzeitige Öffnung des Unterrichts unerlässlich. Ein offener Unterricht ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, selbstständig und eigenverantwortlich eine individuelle Auswahl der differenzierten Unterrichtsmaterialien zu treffen und die Bearbeitung dieser im persönlichen Lerntempo durchzuführen (Schiffl et al., 2019; zitiert nach Baur, Baumgartner-Hirscher, Lehtinen, Neudecker, Nieminen, Papaevrupidou, Rohrmann, Schiffl, Schunknecht, Virtbauer & Xenofontos, 2022). Die Variation der Arbeitsmaterialien oder Arbeitsanweisungen kann über mehrere Weisen erfolgen. Wichtig ist, dass die Differenzierungsmaßnahmen nicht nur in eine Richtung erfolgen, sondern dass sie für leistungsstärkere und leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler ausgelegt sind (Hattie, 2014; zitiert nach Steffens & Höfer, 2016). Für den Naturwissenschaftsunterricht bieten sich hierfür einige Möglichkeiten: unter anderem Vorgabe oder Offenlassen einer Experimentieranleitung, verschiedene Schwierigkeitsgrade bei Aufgaben, Hilfekarten, unterschiedliche Darstellungsarten und Zusatzaufgaben (Baur et al., 2022).

Kooperative Lernmethoden

In einem kooperativen, inklusiven Unterrichtssetting lernen Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf gemeinsam und nach ihrer Leistung in Gruppen eingeteilt, um eine möglichst hohe Leistungskomplementarität zu erzielen, in der sich die Lernenden gegenseitig unterstützen können. Dies erfordert zusätzlich eine detaillierte Differenzierung der bereitgestellten Unterrichtsmaterialien und eine gezielte Strukturierung der Lernarrangements, damit leistungsstarken Schülerinnen und Schülern ein freies, selbstständiges Arbeiten gewährt wird und leistungsschwächeren die nötigen Lernhilfen und Unterstützungen nutzen können (Sturm & Wagner-Willi, 2019). Ziel ist es, dass alle Mitglieder der Lerngruppe einen möglichst hohen Wissenszuwachs haben (Johnson, Johnson & Holubek, 1993; zitiert nach Büttner, Warwas & Adl-Amini, 2012).

Handlungsorientierter Unterricht

Handlungsorientierter Unterricht knüpft an die Idee des **Forschenden Lernens (*Inquiry-Based Learning*)** mit der zugrundeliegenden konstruktivistischen Lerntheorie an (Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenebaum, 2011; Dobber, Zwart, Tanis & Van Oers, 2017; Pedaste et al., 2015; zitiert nach Streich & Mayer, 2020). Diese wurde bereits ausführlich erläutert. Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf soll durch die Handlungsorientierung und dem direkten Kontakt mit dem Lerngegenstand bzw. dem zu erforschenden Phänomen der Lernzugang erleichtert werden (Streich & Mayer, 2020).

Lernen am gemeinsamen Gegenstand (nach Georg Feuser)

Das Konzept „Lernen am gemeinsamen Gegenstand“, das 1989 von Georg Feuser etabliert wurde (Feuser, 2013), vereint einige Aspekte der didaktischen Ansätze des inklusiven Unterrichts: Adaptiver Unterricht durch Differenzierung, Kooperative Lernmethoden und Handlungsorientierter Unterricht. Die wichtigsten Dimensionen dieses inklusiven und entwicklungsfördernden Unterrichtsmodells werden im Folgenden dargestellt.

Feuser betont in seinem Konzept die Wichtigkeit des **kooperativen Lernens** von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen und Entwicklungsniveaus an einem gemeinsamen Gegenstand. Unter dem Begriff „Gegenstand“ versteht der Autor „nicht das materiell Faßbare, das letztlich in der Hand des Schülers zum Lerngegenstand wird, sondern der zentrale Prozeß, der hinter den Dingen und beobachtbaren Erscheinungen steht und sie hervorbringt“ (Feuser 1989, S. 32, zitiert nach Feuser, 2013, S. 285). Ziel ist ein dynamischer Lernprozess, bei dem Lernende sich gegenseitig Unterstützung bieten. Kooperation findet

jedoch nicht nur zwischen den Schülerinnen und Schülern statt, sondern auch zwischen ihnen und der Lehrperson, die den Unterricht und den Lernprozess leitet und begleitet (Feuser, 2013). Die so geschaffenen inklusiven Lernräume, Feuser spricht hier von „**Möglichkeitsräumen**“ (Feuser, 2013, S. 283), ermöglichen uneingeschränkt allen Klassenmitgliedern die individuelle Aneignung von Wissen durch eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem zu lernenden Thema und eine mehrdimensionale Perspektive auf den Lerngegenstand, die durch die Lernenden eingebracht wird (Feuser, 2013).

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Konzepts ist die „**entwicklungslogische Didaktik**“ (Feuser, 2013, S. 283), in der das Lernen als dynamischer, in sozialen Kontext gebetteter Prozess verstanden wird. Die Wissensaneignung geschieht innerhalb der geschaffenen inklusiven

„Lern-Handlungs-Felder [...], in denen sich Menschen unterschiedlichster Biografie, Lernausgangslagen und Entwicklungsniveaus in Kooperation miteinander arbeitsteilig und zielforientiert mit verschiedenen *erlebens- und erkenntnisrelevanten Dimensionen einer zu bearbeitenden Wirklichkeit* befassen“ (Feuser, 2013, S. 283).

Zu betonen ist an dieser Stelle, dass im Fokus des Unterrichtskonzepts nicht die Erreichung des gleichen Lernziels für jeden Lernenden ist, sondern die **äußere Differenzierung** durch Zieldifferenz. Damit ist die Bearbeitung des gleichen Lerngegenstands auf individuellem Niveau durch das Schaffen angemessener und nach dem Prinzip der **inneren Differenzierung** geschaffenen Lernbedingungen und -umgebungen gemeint, in der die Kinder unabhängig und selbstständig die für sie passenden Materialien auswählen und somit ihren eigenen Lernprozess innerhalb des gemeinsamen Lernens steuern können (Feuser, 2013). Die Differenzierungsmaßnahmen orientieren sich an „Biografie, Lernausgangslagen und Entwicklungsniveaus“ (Feuser, 2013, S. 283) der beteiligten Schülerinnen und Schüler. Sie sollen in ihrer **Selbstwirksamkeit** gefördert und bestärkt werden und für das, was sie sind und was sie können anerkannt werden.

Diese Anerkennung eines jeden Individuums und das Selbstwirksamkeitserleben im kooperativen „Lernen am gemeinsamen Gegenstand“ nach Feuser (2013, S. 283) führt neben der Aneignung individueller kognitiver Fähigkeiten auch zur Förderung sozialer und emotionaler Kompetenzen (ebd.).

2.2.5. Experimente im Unterricht: Die Rolle der Lehrkraft

Im Zentrum des „forschend-lernende[n] Experimentieren“ (Kremer et al., 2019, S. 117) steht ein hohes Maß selbstständiger Schüleraktivität. Die Lehrenden treten in den Hintergrund und nehmen eine lernbegleitende Rolle ein. Sie unterstützen bei Unklarheiten und Fragen, sind für

die Vor- und Nachbereitung der Experimentierphasen verantwortlich und moderieren die Ergebnisdiskussion und -sicherung (ebd.). Mit der zunehmenden Maß an eigenverantwortlichem und selbstständigem Arbeiten der Lernenden im Zuge des forschenden Lernens durch Experimente steigt auch der Grad an Verantwortung der betreuenden Lehrpersonen für die sorgfältige Vorbereitung der Experimentierphase, die Sicherstellung und Korrektur der Ergebnisse und besonders auch für die Nachbereitung, Deutung und Auswertungen (Mayer & Ziemek, 2006). Es konnten einige Chancen aufgezeigt werden, die ein inklusives Experimentieren im Naturwissenschaftsunterricht bietet. Diese gehen jedoch einher mit einer Reihe an Herausforderungen, denen besondere Beachtung geschenkt werden muss, um eine gelingende Umsetzung zu sichern.

Soll im naturwissenschaftlichen Unterricht experimentiert werden, ist ein hoher Materialaufwand nötig. Dieser steigt unter dem Gesichtspunkt eines inklusiven Experimentierens weiter an, weil eine detailliertere Anpassung der Materialien auf die Voraussetzungen, die die Lernenden individuell mitbringen, erforderlich wird. Entsprechend wächst auch für die Lehrkraft der Planungs- und Vorbereitungsaufwand vor der Unterrichtseinheit und der Aufwand bei der Durchführung. Durch den höheren Materialbedarf gewinnt auch der finanzielle Aspekt an Bedeutung, denn für die Gestaltung eines Unterrichts mit inklusiven Experimenten muss geld- und zeitaufwändig genügend Material angeschafft werden (Konsortium für Inklusion und Sonderpädagogik, 2014).

Besonders der zeitliche Faktor stellt Lehrpersonen vor eine Herausforderung. Sie müssen nicht nur Experimente ausreichend differenziert und detailliert vorbereiten, sondern auch dafür sorgen, dass das selbstständige Experimentieren in einem zeitlichen Rahmen erfolgt, der eine abschließende Besprechung und Auswertung der Ergebnisse erlaubt (Schulz, 2013).

2.2.6. Vorgaben des hessischen Bildungsplans zum Experimentieren

Der hessische Bildungsplan für die Sekundarstufe I fordert in naturwissenschaftlichen Fächern, wie Biologie, Chemie und Physik, die Vermittlung eines fundierten Verständnisses der Naturwissenschaften und deren Arbeitsweisen. Ziel ist nicht nur der Erwerb fachspezifischer, sondern auch der Aufbau überfachlicher Kompetenzen.

Die im Kerncurriculum niedergeschriebenen Bildungsstandards für den Unterricht in den Fächern Biologie, Physik und Chemie fordern die einheitliche Lehre der Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung (Institut für Qualitätsentwicklung, 2011). Sie sollen den Schülerinnen und Schülern eine Grundbildung in den Naturwissenschaften (*Scientific Literacy*) vermitteln, um diese zu nachhaltigen und achtungsvollen jungen Erwachsenen zu erziehen.

Zu den überfachlichen Kompetenzen zählen unter anderem Problemlösefähigkeit, kritische und auch naturwissenschaftliche Denkweisen, eigenverantwortliches und selbstständiges Arbeiten und soziale Kompetenzen, wie Team- und Kooperationsfähigkeit (ebd.).

Im Kerncurriculum der Sekundarstufe I wird in den Naturwissenschaften deutlich betont, dass es im Biologie-, Physik- oder Chemieunterricht nicht nur darum geht, Fachwissen und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu vermitteln, sondern auch darum, bei den Lernenden „Neugierde, Interesse, Motivation, Einstellungen und Haltungen gegenüber Naturwissenschaften“ (Hessisches Kultusministerium, 2021., S. 12). Das Kerncurriculum zielt darauf ab, die naturwissenschaftlichen Fächer bezogen auf fächerübergreifende Kompetenzen in Einklang zu bringen und daraus Nutzen für die Lernenden zu ziehen, beispielsweise durch eine erhöhte Transferkompetenz auf spätere Alltagssituationen (ebd.). Unter dem Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung heißt es für Hauptschulen, Realschulen und Gymnasien:

„Der Bereich Erkenntnisgewinnung schafft in der Physik in vielfältiger Weise die Grundlagen für das eigenständige Arbeiten. Mit dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung werden typische naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen deutlich: Ausgehend von Phänomenen werden Problemstellungen abgeleitet, Hypothesen gebildet, Experimente geplant, durchgeführt und ausgewertet sowie Theorien aufgestellt“ (Hessisches Kultusministerium, 2024, S. 14).

Experimentieren wird gleichermaßen in der Förderschule, Hauptschule, Realschule und dem Gymnasium in den naturwissenschaftlichen Fächern, wie Biologie, Chemie und Physik, als zentrale Erkenntnisgewinnungsmethode aufgeführt, um Naturphänomene und die zugrundeliegenden Gesetze für Schülerinnen und Schüler praxisnah, kontextorientiert und aktiv erfahrbar zu machen und theoretisches Wissen mit praktischer experimenteller Anwendung zu verknüpfen. Das erworbene Fachwissen kann durch die Verknüpfung von Theorie und Praxis dazu führen, dass Lerninhalte vertieft und mit bereits vorhandenem Vorwissen verknüpft werden (Hessisches Kultusministerium, 2024). Schülerexperimente sollen außerdem die Eigenständigkeit der Lernenden fördern, indem sie handlungsorientiert geplant und von den Kindern aktiv durchgeführt werden. Es werden von ihnen an die Wissenschaft angelehnte Arbeitsweisen gefordert werden. Dazu zählen Aufstellen von Hypothesen, Planung und Durchführung von Experimenten, genaues Beobachten und Beschreiben, Messung von Daten und deren Interpretation und kritische Reflexion und Diskussion der Ergebnisse (ebd.). Die Kreativität der Schülerinnen und Schüler wird durch das hohe Maß an Schüleraktivität gefördert und gleichzeitig werden soziale Kompetenzen geschult.

Zwischen den einzelnen Schularten sind im Lehrplan in Bezug auf die Schwerpunktsetzung bei Experimenten Unterschiede vor allem in der Komplexität der geforderten Aufgaben, der thematischen Vertiefung der Lerninhalte und der von der empfohlenen didaktisch

methodischen Herangehensweisen zu verzeichnen (Hessisches Kultusministerium, 2024). Dies fällt vor allem beim Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung insbesondere im Tätigkeitsbereich „planen, untersuchen, auswerten, interpretieren“ (Hessisches Kultusministerium, 2024, S. 44) auf. Die Interpretation der experimentell ermittelten Ergebnisse erfolgt auf unterschiedlichen Ebenen. Während die Bildungsstandards für den Hauptschulabschluss selektierte Ergebnisse eher oberflächlich auswerten und Rückschlüsse ziehen, werden beim Mittleren Schulabschluss der Realschulen zusätzlich an passenden Stellen Mathematisierungen gefordert. Am Ende der Sekundarstufe I, beim Übergang zur Sekundarstufe II, wird die Gesamtheit der experimentell ermittelten Daten erörtert und Erklärungs- und Deutungsansätze sollen durch mathematische Betrachtungen gestützt werden (ebd.).

Ebenfalls deutlich werden die Differenzen beim Kompetenzbereich Kommunikation im Aufgabenbereich „Verwenden von Fach- und Symbolsprache (Hessisches Kultusministerium, 2024, S. 46). Für den Hauptschulabschluss wird in den Bildungsstandards gefordert, dass „idealtypische Darstellungen, Schemazeichnungen und Diagramme auf ähnliche Sachverhalte“ (Hessisches Kultusministerium, 2024, S. 46) angewendet werden. Beim Mittleren Schulabschluss wird eine gewisse Transferleistung erwartet. Die Schülerinnen und Schüler sollen weitere einfache Anwendungsmöglichkeiten für das Gelernte finden. Zum Ende der Sekundarstufe I werden deutlich komplexere Transferleistungen verlangt (ebd.).

Die wichtigsten Aspekte, die den Einsatz von Experimenten im naturwissenschaftlichen Schulunterricht betreffen, sollen im folgenden Abschnitt am Beispiel der Lehrpläne für das Fach Physik, bzw. bei Förderschulen für das Fach Naturwissenschaften, dargestellt werden.

In Hauptschulen kommen Experimente mit eher geringem Schwierigkeitsgrad zum Einsatz, die von Schülerinnen und Schülern selbstständig durchgeführt werden. Häufig dienen sie als Themeneinstieg zur Weckung des Interesses für ein Thema oder zur Veranschaulichung wissenschaftlicher Prinzipien. Der Schwerpunkt liegt bei dieser Schulform auf der Förderung selbstständiger praktischer Fähigkeiten, der Motivation für die Naturwissenschaften und dem unterstützenden Charakter der Experimente für das Verstehen naturwissenschaftlicher Phänomene.

Ein beispielhafter Auszug aus dem Lehrplan für Hauptschulen für das Fach Physik in der Sekundarstufe I lautet:

„Im Physikunterricht der Hauptschule liegt der methodische Schwerpunkt auf der praktischen Arbeit der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren, d.h. beim Aufbauen von Experimenten, beim Messen, Beobachten und Beschreiben. [...] Durch ihren praktischen Anteil bilden Experimente die Brücke, die den Schülerinnen und Schülern einen leichteren Zugang zur Physik ermöglicht. Experimente motivieren zur Mitarbeit,

erzeugen Fragen und neue Erkenntnisse (Wissen) . Zugleich sind sie die Grundlage für eine wachsende Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler“ (Hessisches Kultusministerium, 2021, S. 3).

Sehr ähnlich wie in der Hauptschule stellt sich die Einbettung von Experimenten in den Unterricht bei Förderschulen dar. Sie dienen zur Veranschaulichung einfacher naturwissenschaftlicher Phänomene und dem leichteren Verstehen und Erlernen durch direkte praktische Anwendung und den daraus gewonnenen Erfahrungen (Hessisches Kultusministerium, 2009). Ein besonderes Augenmerk liegt darüber hinaus auf der Anpassung der Experimente und Fragestellungen auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Im Lehrplan für Förderschulen in Hessen ist für das Fach Naturwissenschaften zu verzeichnen:

„Naturwissenschaftlicher Unterricht sollte eigenaktiv entdeckender und experimentierender Unterricht sein. Dabei sollten experimentelle Fragestellungen überschaubar sein, ausgewählt werden und zu bewältigen sein. Die herausragende Bedeutung des Schülerexperiments verlangt sorgfältige und Entmutigung vermeidende Vorbereitung“ (Hessisches Kultusministerium, 2009, S. 4).

Im Bildungsgang der Realschule werden die eingesetzten Experimente inhaltlich und verfahrenstechnisch komplexer. Die Schülerinnen und Schüler lernen Messverfahren und Messgeräte und ihre Einsatzbereiche und die korrekte Nutzungsweise kennen. Ziel ist es, das theoretisch vermittelte Wissen mit der Praxis zu verbinden und somit ein tieferes Verständnis zu generieren. Experimentieren dient nicht nur der reinen Veranschaulichung von Naturphänomenen und deren Greifbarmachung, sondern soll die Lernenden zu kritischem Hinterfragen und Weiterdenken anregen. Über die selbstständige, aktive Durchführung gewinnen und bewerten sie naturwissenschaftliche Erkenntnisse und üben sich in typisch wissenschaftlichen Arbeitsweisen, wie zum Beispiel dem Aufstellen von Hypothesen, der Planung und Durchführung und kritischen Auswertung bzw. Deutung von Experimenten.

Im hessischen Lehrplan des Faches Physik an Realschulen steht dazu:

„Im Physikunterricht der Realschule soll eine allmähliche Hinführung zu einem naturwissenschaftlichen Denken vollzogen werden. Ziel ist, den Schülerinnen und Schülern ihre Umwelt zu erschließen, und zwar die vorgegebene Natur und die künstliche, technische Umwelt. Da Schülerinnen und Schüler heute schon über vielfältige, oft aber oberflächliche Vorkenntnisse der technischen Umwelt verfügen, gilt es insbesondere, den Blick auf naturgesetzliche Zusammenhänge zu richten und den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, technische Entwicklungen in ihren Auswirkungen auch kritisch zu beurteilen“ (Hessisches Kultusministerium, 2021, S. 3).

Der Fokus liegt im Fach Physik, stellvertretend für die übrigen beiden Naturwissenschaften, auf dem angeleiteten, zum Teil selbstständigen Experimentieren, Planen und Auswerten und der Ergebnisdiskussion. Die Lernenden sollen so sukzessive an naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen herangeführt werden (ebd.).

In hessischen Gymnasien, hier speziell G9, werden Experimente explizit als fester und zentraler Unterrichtbestandteil genannt. Dies schlägt sich auch in der Stundenverteilung auf die unterschiedlichen geforderten Themenbereiche nieder (Hessisches Kultusministerium. 2021). Unter den didaktisch-methodischen Grundlagen des Lehrplans heißt es:

„Grundsätzlich steht das Experiment im Mittelpunkt des Unterrichts. Insbesondere sollen Schülerexperimente und experimentelle Hausaufgaben - neben dem Planen, Durchführen und Auswerten der Experimente - den Wissensdurst der Schülerinnen und Schüler fördern und Anregungen zu forschendem Lernen geben. Der jeweils vorgeschlagene Stundenrahmen ist bewusst knapp gewählt, um Zeit für derartige Experimente zu gewinnen. Mit diesen Arbeitsmethoden wird im Wechselspiel von Beobachtung, gedanklicher Verarbeitung, Theoriebildung und experimenteller Überprüfung ein geordnetes Wissen erworben“ (Hessisches Kultusministerium, 2021, S.2).

Es wird weiterführend angemerkt, dass experimentelle Tätigkeiten grundsätzlich in entsprechenden Kontext zu setzen sind, um physikalische und fächerübergreifende Kohärenzen erfahrbar zu machen. Die in Experimenten von Schülerinnen und Schülern selbstständig und eigenverantwortlich erarbeiteten Erkenntnisse sollen theoretisch unter Berücksichtigung und Anwendung geltender Gesetzmäßigkeiten und auch an angemessener Stelle mathematisch erklärt, reflektiert und diskutiert werden. Es werden außerdem auch Experimente als Hausaufgabe aufgeführt, die zusätzliche Übung in naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bieten sollen (ebd.).

In der gymnasialen Oberstufe werden die in der Unter- und Mittelstufe geforderten Kompetenzen zunehmend vertieft. Da die Sekundarstufe II jedoch nicht im Kontext dieser Arbeit steht, wird an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

In Gymnasien ist eine fundierte und vertiefende, möglichst breit angelegte Bildung in den Naturwissenschaften oberstes Ziel. Dies wird durch handlungsorientierte Schülerexperimente und eine intensive Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden theoretischen Gesetzen gefördert (ebd.).

3. Die Forscherboxen

3.1. Konzept und Aufbau der Forscherboxen

Naturwissenschaftliche Themen lassen sich in der Regel nicht speziell zu einem Unterrichtsfach zuordnen. Zudem wird immer häufiger vernetztes Wissen gefordert. Die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik rücken zunehmend näher aneinander und werden durch das integrierte Fach NaWi – Kurzform für Naturwissenschaften – vereint. Das kooperative Unterrichten von Themen, die aus den Perspektiven der Biologie, Chemie und Physik beleuchtet werden, soll es den Lernenden erleichtern, ein fundamentales Basiswissen in naturwissenschaftlichen Fächern und Faszination für Naturphänomene generieren. Die Schülerinnen und Schüler haben die Chance, ein naturwissenschaftliches Verständnis für verschiedene Themen aufzubauen. Vor dem Hintergrund des zusammenhängenden Unterrichtens der drei genannten Naturwissenschaften wurden im Rahmen des Lern-Labor-Projekts E²piMINT der Goethe Universität Frankfurt am Main die Forscherboxen zu derzeit zwei Großthemen, „Farben“ und „Kleben und Haften“, erstellt. Sie orientieren sich stark an Alltagsphänomenen aus der Lebensumwelt der Lernenden, um eine praxisorientierte Einsicht in die in der Schule unterrichteten Naturwissenschaften zu geben.

Das Konzept der Forscherboxen legt besonderen Wert auf Inklusion. Die Experimente sind so gestaltet, dass Schülerinnen und Schüler verschiedenster Schulformen, Klassenstufen und Leistungs- bzw. Förderschwerpunkten die Experimente selbstständig bearbeiten können. Dies geschieht durch eine starke Differenzierung der Aufgabenstellung und Transparenz des Ablaufes. Grundlage und Ziel ist das „ziendifferente [...] Lernen am gemeinsamen Gegenstand“ nach Feuser (1989; 1995; zitiert nach Feuser, 2013, S. 283), das zuvor ausführlich beschrieben wurde (siehe: 2.3.4.4 Didaktische Ansätze zu inklusivem Naturwissenschaftsunterricht – Lernen am gemeinsamen Gegenstand (nach Georg Feuser))

Die Erstellung der Boxen erfolgte in einem Lehrveranstaltungsprojekt für Lehramtsstudierende der Fächer Chemie, Physik und Biologie: das SuFiS-Projekt – Studieren und Forschen im Schülerlabor. Aufgabe war es, zu einem Themenkomplex Experimente methodisch und fachdidaktisch auszuarbeiten, die von Schülerinnen und Schülern in Kleingruppen bearbeitet werden konnten. Im Verlauf des Semesters wurden die Experimente der Forscherboxen von unterschiedlichen Schulklassen und auch im Zuge einer Lehrerfortbildung von Lehrerinnen und Lehrern getestet und konstruktive methodisch-didaktische Kritik von Seiten der Lehrkräfte und ein allgemeines Feedback von den Lernenden eingeholt. Die stetige Reflexion, Evaluation, Überarbeitung und Weiterentwicklung der Experimentierboxen führte schließlich zu einem hohen Maß an Transparenz bezüglich des Ablaufs und des Ziels und einer umfangreichen Differenzierung der Aufgabenstellungen durch gestufte Hilfen, unterschiedliche

Darstellungsformen der Experimentieranleitungen und beigefügte Zusatz- und Differenzierungsaufgaben. So können Lernfortschritte unabhängig vom jeweiligen Lernstand und den persönlichen Voraussetzungen der Lernenden auf individuellem Lern- und Leistungsniveau erzielt werden

Jede Box bearbeitet zielgeleitet durch eine Forschungsfrage ein bestimmtes Unterthema der Großthemen Farben oder Kleben und Haften. Dieses wird anhand von Einzel- und Gruppenexperimenten erarbeitet. In einem ersten Schritt wird von jedem der bis zu vier Gruppenmitgliedern ein Einzelexperiment anhand einer Farbe ausgewählt und bearbeitet. Die Farbe dient lediglich der Unterscheidung einzelner Experimente und zeigt nicht den Schwierigkeitsgrad an. Ziel ist es, dass die Lernenden alle in den Einzelexperimenten aktiv werden und folglich keiner innerhalb einer Gruppe untergeht. Sobald alle Gruppenmitglieder die Einzelaufgaben erledigt und sich als individuelle Experten für ihr Experiment ausgetauscht haben, bearbeiten sie gemeinsam eine Gruppenaufgabe. Die Ergebnisse werden auf einem Gruppenplakat festgehalten. Hierbei sollen sich die Lernenden über ihre Ergebnisse der Einzelexperimente austauschen, vergleichen und gemeinsam reflektieren. Falls Schülerinnen und Schüler einer Gruppe mit ihrem individuellen Experiment schneller als andere fertig sein, haben sie die Möglichkeit, in der Zwischenzeit Zusatzaufgaben zu bearbeiten. Die Anleitungen zu den Einzel- und Gruppenaufgaben sind mehrstufig differenziert. Zum einen erhalten die Lernenden eine kleinschrittige schriftliche Anleitung. Sie ist auf eine Doppelseite limitiert. Die Vorderseite liefert Informationen zum Titel des Experiments, den benötigten Materialien, sowie einen kurzen Informationstext mit wichtigen Details, die die Lernenden für die Bearbeitung benötigen. Auf der Rückseite findet sich die Durchführung in Einzelschritten und die zu beantwortenden Fragen zum Experiment. Teilweise müssen die Fragestellungen auf einem Arbeitsblatt, das sich in einem Arbeitsblatt-Mappe in der Experimentierbox befindet, bearbeiten, teilweise genügen Notizen auf einem separaten Papierblatt. Die Anleitungsbblätter sind einlaminiert. Das ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, unter Verwendung von wasserlöslichen Stiften die Materialliste und einzelnen Arbeitsschritte abzuheften und so stets einen Überblick über den Verlauf des Experiments zu haben. Die Anleitungen werden durch unterstützende Bilder und Icons ergänzt, um unbekannte Gegenstände oder Materialien sowie schwierige Verfahren und Abläufe vereinfacht darzustellen. Die Anleitung ist außerdem mittels eines QR-Codes als Videoanleitung verfügbar, die mit Hilfe von elektronischen Endgeräten wie Tablets oder Smartphones aufgerufen werden können. Die Videos sind mittels der Legevideotechnik gestaltet und kommen durch die Vertonung fast vollkommen ohne Schrift aus. Das bedeutet, dass ihnen mit Hilfe von Abbildungen und verbalen Erklärungen die Durchführung des Experiments erläutert wird, was vor allem Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf im Leseverstehen oder LRS unterstützt. Die Lernenden haben jederzeit die Möglichkeit, die Anleitung zu pausieren oder zu wiederholen. Als zusätzliche Unterstützung dienen Hilfskarten, auf die an entsprechender

Stelle in der Anleitung durch Farbpunkte verwiesen wird. Auf diesen werden beispielsweise schwierige Fachwörter erklärt oder Verfahren bildlich dargestellt. Sie befinden sich in einer kleinen Hilfskarten-Mappe innerhalb der Box.

Die Unterscheidung von Einzel-, Gruppen- und Zusatzaufgaben erfolgt mittels Färbung der Anleitungen. Eine hier angewandte inklusive Maßnahme ist die Zuordnung von Differenzierungsmaterial zu einem Experiment durch die entsprechende Färbung der QR-Codes bzw. Hilfskarten. Die Schülerinnen und Schüler können so leicht die zu ihrem Einzelexperiment gehörenden Materialien finden.

In den Forscherboxen sind alle benötigten Materialien mit Ausnahme von verderblichen Lebensmitteln, Pflanzen oder teuren Geräten, wie einem Mikroskop oder Binokular, zu finden.

Es wird bei den Forschergruppen darauf geachtet, dass nicht mehr als vier Lernende in einer Gruppe sind und eine möglichst hohe Heterogenität herrscht. Dies wird durch unterschiedliche Herangehensweisen gewährleistet: Entweder werden die Gruppen anhand von Zetteln, auf denen Forscherboxen stehen, ausgelost oder die Lehrkraft bestimmt auf Grundlage ihres Wissens über die Lernenden möglichst heterogene Gruppen.

Im Fokus des Projekts steht ein hohes Maß an selbstständigem Experimentieren der Schülerinnen und Schüler. Die Lehrkraft nimmt dabei eine lernbegleitende Rolle ein und rückt zunehmend in den Hintergrund. Sie hilft bei aufkommenden Fragen und Problemen, die sich nicht selbstständig durch die Lernenden anhand von gegenseitiger Unterstützung oder Hilfskarten beheben lassen. Außerdem ist sie für die Organisation der Forscherboxen vor dem Unterricht und für die Inhaltsüberprüfung nach dem Unterricht zuständig. Des Weiteren müssen von den Lehrerinnen und Lehrern einige nicht in den Boxen enthaltene Materialien, wie verderbliche Milch oder Frischpflanzen, geholt und bereitgestellt werden. Ihnen kommt zu Beginn die Aufgabe zu, die Schülerinnen und Schüler in heterogene Lerngruppen einzuteilen. Am Ende leitet die Lehrperson die Ergebnissicherungsphase, bei der beispielsweise die Gruppenplakate von den Lernenden vorgestellt werden können. Diese Phase ist jedoch als individuell wählbarer Part zu sehen und kann von den zuständigen Personen nach Belieben gestaltet oder weggelassen werden.

3.1. Die Forscherboxen

3.2.1. Forscherboxen zum Thema Farben

Die zum Thema „Farben“ entwickelten Forscherboxen¹ enthalten Experimente, die den Themenkomplex anhand von Phänomenbeobachtungen und gezielten Fragestellungen erforschen. Im Folgenden soll eine Übersicht über die sechs Boxen (s. 3) gegeben werden.



Abbildung 3: Forscherboxen zum Thema Farben

Box 1: Farben mischen

Die erste Forscherbox beschäftigt sich mit dem Themenbereich der subtraktiven Farbmischung. Die Schülerinnen und Schüler kommen mit unterschiedlichen Arten von Farben, darunter Akryl- oder Wasserfarben, in Kontakt und können selbst eine Ölfarbe herstellen. Des Weiteren ergründen sie die Funktionsweise eines Farbdruckers am Beispiel eines 4-Pass-Handy-Druckers.

¹ Hinweis: Im Folgenden werden die Begriffe „inklusive Experimentierkisten“, „Experimentierboxen“, „Experimentierkisten“ oder „Kisten“ synonym verwendet. Gemeint sind immer die „inklusive Experimentierkisten“.

Box 2: Farben trennen

In der zweiten Box dreht sich alles um die Auftrennung von Farben in ihre Einzelkomponenten. Die Lernenden erfahren, welche Möglichkeiten der Chromatografie es gibt und trennen in diesem Zug das Schwarz eines Stiftes farblich auf. Im weiteren Verlauf werden auch andere Farben derart untersucht.

Box 3: Farben aus Lebensmitteln

Die Schülerinnen und Schüler erforschen in der dritten Experimentierbox die natürlichen Farbstoffe aus Lebensmitteln. Hierzu stehen ihnen unterschiedliche pflanzliche Präparate zur Verfügung: Wurzeln, Blätter und Früchte. Sie extrahieren die Farbstoffe durch verschiedene Methoden, z. B. mechanische Zerkleinerung oder Aufkochen und mischen die gewonnenen Farbstoffe nach Belieben. Die Lernenden sollen somit die subtraktive Farbmischung direkt ausprobieren, erfahren und verinnerlichen.

Box 4: Farben als Indikatoren

In der vierten Forscherbox lernen die Schülerinnen und Schüler am Beispiel eines Säure-Base-Farbindikators ein Anwendungsbeispiel aus den Naturwissenschaften kennen. Sie werden angeleitet, den pH-Wert von verschiedenen Böden und Lebensmitteln zu testen und stellen so ein primitives pH-Meter her.

Box 5: Farben als Darstellungsform

Zur Bearbeitung der fünften Box wird eine Wärmebildkamera genutzt. Die Lernenden erfahren, dass diese durch unterschiedliche Färbung des aufgenommenen Bildes die in der Realität nicht sichtbare Temperatur einer Oberfläche wiedergibt. Sie wenden die Kamera auf verschiedenen Gegenständen an und messen die visualisiert dargestellte Oberflächentemperaturen.

Box 6: Farbstoffe mikroskopieren

Die sechste Box beschäftigt sich mit den von Natur aus in unterschiedlichen Pflanzen bzw. in deren Pflanzenzellen vorkommenden Farbstoffe unter dem Mikroskop.

3.2.2. Forscherboxen zum Thema Kleben und Haften

Die sieben Forscherboxen zum Themenkomplex „Kleben und Haften“ (s. Abbildung 4) umfassen folgende Themen: Kleben und Haften in der Tier- und Pflanzenwelt, Wasser als Klebstoff, Adhäsion und Kohäsion, Vergleich, Löslichkeit und Herstellung von Klebstoffen und antike und moderne Kleber.

Da ich persönlich im Rahmen des SuFiS-Seminars für Studierende die erste Forscherbox mitentwickelt habe, soll diese im Folgenden exemplarisch detaillierter dargestellt werden als die übrigen Boxen.



Abbildung 4: Forscherboxen zum Thema Kleben und Haften

Box 1: Kleben und Haften in der Pflanzen- und Tierwelt

Die erste Box steht unter dem Titel Kleben und Haften in der Pflanzen- und Tierwelt. In einem Einzelexperiment wird von den Schülerinnen und Schülern untersucht, wie Blütenpollen von Gänseblümchen oder Wiesenmargerite von Insekten oder Tieren transportiert werden können. Dazu erstellen sie Präparate auf einem Objektträger und untersuchen die Pollen unter dem Mikroskop. Sie zeichnen das sich zeigende Bild der stark vergrößerten Blütenpollen und erklären die Rolle der Pollen und die Funktionsweise der Bestäubung von Blütenpflanzen mit eigenen Worten schriftlich.

Ein weiteres Einzelexperiment behandelt den speziellen mikroskopischen Haarbesatz der Füße eines Geckos, mit Hilfe dessen er an Wänden laufen kann, ohne abzustürzen. Dies wird anhand eines Experiments mit Knete, Wasserfarbe und einer Handbürste, die auf einer Seite mit und auf der anderen Seite ohne Borsten ist, erforscht.

Des Weiteren behandelt ein Einzelexperiment das Funktionsprinzip der Saugnäpfe an den Tentakeln eines Tintenfisches. Dazu werden Versuche mit handelsüblichen Saugnäpfen gemacht. Die Lernenden testen, auf welchen Untergründen diese haften und welche Auswirkung es auf die Haftkraft der Saugnäpfe hat, wenn sie unter Wasser sind.

Der vierte Einzelversuch beschäftigt sich mit der Klettfrucht. Die Schülerinnen und Schüler können testen, an welchen unterschiedlichen Stoffen sie haften und untersuchen die Klette mit der Lupe genauer, um mit Hilfe der Ergebnisse Fragen zur Funktion der speziellen Früchte beantworten zu können.

Die Zusatzaufgabe für schnelle Lernende beinhaltet einen Lückentext zur Haftung des Fußes eines Geckos und den Auftrag, Abbildungen in unterschiedlicher Vergrößerung des Geckofußes der Reihe nach zu ordnen.

Die Gruppenaufgabe besteht darin, mit Hilfe eines Plastikringes, Garn und Kleberstift ein Spinnennetz nachzustellen und dieses mit Insekten, die in Form von Wollbällen dargestellt werden, zu bewerfen. Ziel ist es, zu verstehen, wie die Spinne ihre Nahrung fängt. Des Weiteren sollen die Schülerinnen und Schüler rätseln, warum nur Nahrungsinsekten und nicht die Spinne selbst in ihrem Netz kleben bleibt.

Box 2: Welcher Kleber eignet sich für welche Oberfläche?

In der zweiten Forscherbox beschäftigen sich die Lernenden mit der Frage, welcher Kleber sich für welche Oberflächen eignet. Dafür testen sie sechs verschiedene Kleber auf unterschiedlichen Oberflächen. Außerdem haben sie die Möglichkeit herauszufinden, wie sich ein Verschmutzen oder Anrauen der Klebefläche auf die Klebkraft verschiedener Kleber hat. Die Erkenntnisse aus den Einzelversuchen bringen die Kinder in die Gruppenaufgabe ein, um zeichnerische Modelle zum Kleben mit glatten und angerauten Oberflächen und ein plastisches Modell zum Kleben verschmutzter Oberflächen zu bilden. In der Zusatzaufgabe für schnellere Schüler können die Auswirkung von Zusätzen auf die Klebkraft erforscht werden.

Box 3: Wasser als Klebstoff

Mit der dritten Experimentierbox untersuchen die Lernenden die Klebeeigenschaft von Wasser, die auf der Kohäsion und Adhäsion beruht. Als Kohäsion wird die zwischen den Wassermolekülen wirkende Anziehungskraft bezeichnet, als Adhäsion die Anziehung zwischen den Wassermolekülen und einer Oberfläche. Die Schülerinnen und Schüler untersuchen qualitativ und quantitativ die Stärke der Adhäsions- und Kohäsionskräfte des Wassers bei unterschiedlichen Materialien, indem sie unter anderem Gegenstände an nasse Oberflächen kleben oder einen Knautschball aus einem Luftballon und feuchtem Sand basteln. Sie erfahren zudem, dass Wasser durch Adhäsion und Kohäsion nicht alle Materialien unter Nutzung derer physikalischer bzw. chemischer Eigenschaften zusammenhalten kann. Ein gemeinsames Gruppenexperiment fordert die Lernenden auf, selbstständig ein Experiment zur Forschungsfrage „Ist Wasser ein echter Kleber?“ zu entwerfen, um eine Antwort auf die Frage zu finden.

Box 4: Klebkraft testen

Mit der vierten Forscherbox können die Lernenden die Klebkraft unterschiedlicher Kleber testen, um im Alltag einen geeigneten Kleber für eine gewisse Anwendung bestimmen zu können. Zur Auswahl für die Testung stehen unterschiedliche Kleber, Klebebänder und Saugnäpfe, die auf die Klebkraft durch mechanische Beanspruchung bzw. Ziehen untersucht werden. Die Kinder lernen so die die Klebkraft beeinflussenden Faktoren wie Druck, Zeit, Materialeigenschaft und Oberfläche, sowie Eigenschaften des Klebstoffes kennen. Im Gruppenversuch werden zwei der verwendeten Kleber mit Heißkleber hinsichtlich der Klebkraft verglichen.

Box 5: Kleber lösen

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich während der Nutzung der fünften Forscherbox mit dem Lösen von verschiedenen Klebstoffen auf unterschiedlichen Untergründen mit vier Arten von Lösungsmitteln: Wasser, Spülmittel, Öl und Aceton-haltigem Nagellackentferner. Sie lernen und testen so vier Methoden, mit denen Klebstoffe von Materialien gelöst werden können: Mechanische Reibung, Erhitzung bzw. Wärme, Lösungsmittel und Wasser bzw. Wasser-Seifen-Lösung. Sie stellen sich als Experten für ihr Thema gegenseitig die Methoden vor und besprechen Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Gruppe.

Box 6: Kleber selbst herstellen

Die sechste Forscherbox leitet die Schülerinnen und Schüler an, Kleber selbst aus unterschiedlichen Materialien aus dem Alltag, darunter Styropor, Gummibärchen, Milch und Stärke, herzustellen. Diese Art der Kleberherstellung ist nicht nur einfach, sondern auch kostengünstig und umweltfreundlich. Die Kleber werden im Anschluss getestet. Sie berichten sich anschließend in der Gruppe davon und erörtern gemeinsam Vor- und Nachteile der hergestellten Klebstoffe in Bezug auf Herstellung, Anwendung und Entsorgung.

Box 7: Der Lotus- und Haihauteffekt

Anders als die übrigen Boxen beschäftigt sich die siebte Forscherbox nicht mit dem Thema Kleben und Haften an sich, sondern mit dem Nichthaften. Ein passendes Phänomen aus der Pflanzenwelt ist der sogenannte Lotuseffekt, der dafür sorgt, dass Flüssigkeiten und Verschmutzungen von der Oberfläche abperlen, sodass diese sauber bleibt. Die Schülerinnen und Schüler können sich aus der Pflanzenwelt Beispiele, die den Effekt nutzen, bei einem Kohlrabiblatt und dem Blatt einer Kapuzinerkresse ansehen und mit anderen Pflanzenblättern vergleichen, die keinen Lotuseffekt haben.

Haie haben eine eigene Möglichkeit entwickelt, um Seepocken und andere Organismen davon abzuhalten, sich an die Tiere anzuheften, die Plakoidschuppen. Sie besitzen eine hydrodynamische Oberflächenstruktur, die Wirbel erzeugt und so das Ansetzen verhindert. Diese Schuppen können sich die Lernenden bei einem Stück echter Haihaut unter dem Binokular ansehen. Sie erstellen danach eine Plakoidschuppe modellhaft nach, um das Gelernte zu vertiefen. Gemeinsam fassen sie den Lotus- und Haihauteffekt auf einem Gruppenplakat zusammen.

4. Empirischer Teil

4.1. Forschungsfrage und Forschungsziel

Angesichts der vielseitig positiven Effekte des Einsatzes von Experimenten im schulischen Naturwissenschaftsunterricht stellt sich die Frage, wie viel in der Realität in der Schule experimentiert wird. Lehrerinnen und Lehrer sind einem zunehmend größer werdenden Zeit- und Leistungsdruck ausgesetzt, der oft auch dazu führt, dass Themen des Schulcurriculums nur unzureichend oder sogar gar nicht angesprochen werden. Professor Dr. Martin Lehner (2020) spricht hier von einer „Stoffmengenproblematik, [...] der sich alle Bildungsbereiche in einer je spezifischen Weise zu stellen haben“ (S. 11). Er sieht eine Bewegung hin zu einer „größeren Menge an Lerninhalten als auch zu geringeren Zeitbudgets für Lernprozesse“ (Lehner, 2020, S. 13). Diese Problematik verstärkt sich zunehmend durch die Forderung der Kultusministerkonferenz, die Aneignung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen zu einem zentralen Ziel des Naturwissenschaftsunterrichts zu machen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020). Auch die immer stärker werdende Heterogenität in Schulklassen, sowie die inklusive Beschulung von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Förderschwerpunkten, stellen Lehrkräfte vor eine große Herausforderung (Schulz, 2013). Vor allem der zeitliche Rahmen der zumeist sehr streng getakteten Schulcurricula, unbefriedigende Rahmenbedingungen und unzureichende Vorbereitung für Lehrkräfte im betreffenden Themenbereich erschweren den Einsatz naturwissenschaftlicher Experimente (Hollenbach-Biele & Klemm, 2020).

Im Rahmen eines Projekts, bei dem Lehramtsstudierende Forscherboxen für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I entwickelt haben, wurde ein Fragebogen entworfen, um herauszufinden, inwieweit naturwissenschaftliche Lehrkräfte Schülerexperimente im Unterricht einsetzen. Der Fokus liegt dabei auf der Häufigkeit und den Gründen, warum Lehrkräfte diese durchführen oder darauf verzichten. Ein zentrales Anliegen des Projekts ist es, den Lehrpersonen durch die Bereitstellung von inklusiven Forscherboxen, die alle benötigten Materialien, differenzierte Anleitungen und Arbeitsblätter für selbstständige Einzel- und Gruppenexperimente umfassen, eine Entlastung bei der Vor- und Nachbereitung von Unterrichtsstunden, in denen experimentiert werden soll, zu bieten. Die Umfrage soll auch klären, ob und in welchem Maße diese Forscherboxen dazu beitragen könnten, den Einsatz von Experimenten im Unterricht zu fördern und zu vereinfachen. Das übergeordnete Ziel der Forschung ist es, die Nutzung von praktischen Schülerexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht zu steigern und so eine aktivere und forschungsorientierte Lernumgebung auch mit Blick auf inklusives Unterrichten in den Naturwissenschaften zu schaffen.

Es wird erwartet, dass ein Zusammenhang zwischen den Faktoren der Schulform und Heterogenität der Schulklassen in Bezug auf Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderbedarf und dem Faktor der Häufigkeit des Einsatzes von Schülerexperimenten im Unterricht besteht. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Notwendigkeit der Differenzierung werden vermutlich umso seltener Schülerexperimente eingesetzt, je mehr Kinder mit Förderbedarf in den Klassen vorhanden sind. Außerdem wird mit Bezug auf die Vorgaben im Lehrplan der unterschiedlichen Schulformen ein häufiger Einsatz von Schülerexperimenten in Gymnasien erwartet. In Förderschulen könnten seltener Experimente solcher Art eingesetzt werden, da diese nur eine unterstützende Funktion im Naturwissenschaftsunterricht haben.

Den größten Einflussfaktor auf die Häufigkeit, mit der Schülerexperimente im Unterricht durchgeführt werden, sieht die Verfasserin im Arbeits- und Zeitaufwand der Vor- und Nachbereitung, sowie in den strikten zeitlichen und thematischen Vorgaben der Lehrpläne. Vermutet wird hier eine negative Auswirkung, die zu einer verminderten Anzahl an Schülerexperimenten führt. In diesem Zusammenhang wird erwartet, dass die Forscherboxen einen positiven Effekt haben, da sie differenzierende Methoden und Arbeitsmaterialien, sowie die Experimentiermaterialien bereits beinhalten. Dadurch könnte eine Entlastung im Arbeits- und Zeitaufwand zugunsten der Lehrpersonen geschaffen werden, die folglich zur vermehrten Einbettung von Schülerexperimenten führen könnte.

4.2. Methodik

4.2.1. Stichprobe und Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte im November und Dezember des Jahres 2024 anhand einer Stichprobe im Rahmen des E²piMINT-Projekts. Lehrerinnen und Lehrer beantworteten auf freiwilliger Basis einen anonym bleibenden Fragebogen in Form eines vierseitigen papierbasierten Ausdrucks. Dies geschah zum einen während einer Lehrkräftefortbildung, die vom E²piMINT-Forschungsteam in der Goethe Universität Frankfurt am Main angeboten wurde und zum anderen während der mehrstündigen Projekttag im Schülerlabor der Universität am Fachbereich Physik. Insgesamt haben sich 17 Lehrkräfte bereit erklärt, den Fragebogen auszufüllen. Zwei davon waren Teil der Pilotierung, das bedeutet, dass sich deren Fragen von denen der anderen 15 Personen in einigen Punkten unterschieden und deshalb nicht in die Datenerhebung einfließen. Das Geschlecht der befragten Personen sowie die Berufserfahrung waren für die Auswahl irrelevant. Von Bedeutung war jedoch, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ein naturwissenschaftliches Fach in einer Schule in Hessen unterrichten, unabhängig von der Schulform. Ein weiteres wichtiges Kriterium war außerdem, dass sie bereits mit den

Forscherboxen in Kontakt gekommen sind, sei es durch die Lehrerfortbildung oder durch die Teilnahme an einem Schülerlabortag mit einer Schulklasse.

4.2.2. Entwicklung der Forschungsmethode: Lehrerfragebögen

Für die effektive Datenerfassung im Rahmen der empirischen Untersuchung zu inklusiven Experimentierkisten wurde die Methode der Lehrerfragebögen gewählt. Die Fragebögen wurden durch das E²piMINT-Projekt vom Land Hessen genehmigt und abgesichert. Im Folgenden soll die Wahl dieser Erhebungsmethode mit Blick auf Zielsetzung, Teilnehmer und zu erhebende Daten begründet werden.

Die empirische Untersuchung hat zum Ziel, standardisierte und quantifizierbare Daten zu bestimmten Themenbereichen zu erfassen. Diese umfassen Gesichtspunkte wie die Häufigkeit und die Begründung des Einsatzes von Schüler- oder Lehrerexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht, sowie eine Einschätzung der Chancen und Schwierigkeiten, die Experimentierkisten sowohl für die Lernenden als auch für die Lehrenden haben. Mit Hilfe des Fragebogens können die betreffenden Informationen systematisch erhoben werden. Für die Datenerhebung wurde sich für einen halboffenen Fragebogen, also eine Kombination aus offenen und geschlossenen Fragen, entschieden. Es wurden zum einen quantitative Daten erfasst, die eine vergleichende Auswertung zulassen, und zum anderen qualitative Aspekte abgefragt, die subjektive Einsichten, individuelle Erfahrungen und somit tiefergehende Informationen liefern.

Da die Studie nur eine kleine Stichprobe an Lehrpersonen befragte, die auf freiwilliger Basis die konzipierten Fragebögen ausfüllten, stellt die Erhebungsmethode eine praktikable und unkomplizierte Methode dar, die sich leicht und effizient umsetzen ließ. Die Lehrpersonen konnten die in Papierform ausgehändigten Fragebögen ohne zusätzlichen Zeit- und Materialaufwand von Seiten der Lehrkräfte während der Schülerlabortage oder einer Lehrerfortbildung ausfüllen. Dieses Vorgehen erleichterte zusätzlich den Zugang zu potenziellen Teilnehmerinnen und Teilnehmern, vor dem Hintergrund, dass die Erhebungszeit durch den vorgeschriebenen zeitlichen Rahmen der wissenschaftlichen Hausarbeit begrenzt war. Es konnte trotz der geringen Teilnehmerzahl eine ausreichende Menge an Daten erfasst werden, um Antworten auf die Forschungsfragen liefern zu können.

Ein wichtiger Aspekt bei der Datenerhebung war die Wahrung der Anonymität der befragten Personen. Einige Items fragten persönliche Einschätzungen und Gegebenheiten ab, die durch die vorliegende Arbeit nicht durch eine Zuordnung zu den betreffenden Lehrkräften veröffentlicht werden sollten. Die Zusicherung der anonymen Bearbeitung der Fragebögen könnte die Bereitschaft, die Fragen wirklichkeitsgetreu zu beantworten und Einsichten in persönliche

Sichtweisen zu geben, begünstigt haben. Dies trägt gleichzeitig zu einer Steigerung der Validität der Forschungsmethode bei.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Umfrage kamen aus unterschiedlichen Schularten, darunter Förderschule, Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Integrierte Gesamtschule (IGS) und Kooperative Gesamtschule (KGS). Der Fragebogen bot eine gute Möglichkeit an, trotz der Heterogenität vergleichende Aussagen treffen zu können. Dies ist deshalb ein als positiv zu bewertender Aspekt der Methode, da es möglich war, eine Bandbreite an spezifischen Fragen zu erheben, ohne auf zusätzlichen Aufwand oder weitere Materialien angewiesen zu sein.

Neben demographischen Daten wie der Klassenstufe oder Schulform, in der die Lehrkräfte unterrichteten, konnten auch konkretere unterrichtsspezifische Informationen zum Einsatz von Experimenten bzw. der Experimentierkisten erfasst werden. Wertvolle quantitative Aussagen konnten außerdem durch offene Fragen insbesondere zu den Chancen und Schwierigkeiten im Kontext der inklusiven Experimentierkisten und Verbesserungsvorschlägen zu Konzept und Umsetzung getroffen werden. Diese ermöglichten eine Pilotierung des Fragebogens zugunsten der Qualität, Objektivität und Reliabilität der Fragen und damit der erhobenen Daten.

Details zum Aufbau des Fragebogens und zur durchgeführten Pilotierung werden im folgenden Abschnitt umfassend erläutert.

Der zur Datenerhebung konzipierte halboffene Fragebogen umfasst vier Seiten, auf denen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Umfrage quantitative und qualitative Items beantworteten. Diese lassen sich in verschiedene Unterkategorien einteilen. Zur besseren Übersicht werden sie in tabellarischer Form dargelegt. Die Fragen wurden hierfür nummeriert und wie folgt gekennzeichnet:

„Frage 1“ wird abgekürzt durch „F 1“.

„Frage 4“, die aus einer qualitativen und einer quantitativen Frage besteht, wird abgekürzt durch „F 4 a“ und „F 4 b“.

Entsprechend wurde dies bei allen weiteren Items angewendet. Die genauen Fragen werden im weiteren Verlauf offengelegt.

Kategorie	Ziel der Fragen	Items
Demographische Daten	Erfragung von Hintergrundinformationen zu den Teilnehmenden und den Schulformen, den schulischen und unterrichtlichen Bedingungen, Klassenstufen,	F 1; F 2; F3; F 4 a & b;

	Klassenzusammensetzungen und Fächern, die sie repräsentieren.	F 9
Persönliches Unterrichtskonzept in Bezug auf Experimente	Sammlung von Informationen zum Unterrichtskonzept, das die naturwissenschaftlichen Lehrkräfte haben, und ob, wie und mit welcher Begründung sie Demonstrations- und Schülerexperimente im Unterricht einsetzen. Zusätzlich wird erfragt, ob der Einsatz von Experimentierkisten die Anzahl von Schülerexperimenten im Unterricht erhöhen würde.	F 5 a & b; F 6 a & b; F 7 a & b; F 8 a & b
Unterrichtliche Zeitinvestitionen der Lehrpersonen	In dieser Kategorie werden genauere Informationen zu der Zeit, die die Lehrerinnen und Lehrer für Unterrichtsdoppelstunden mit und ohne Schülerexperiment aufwenden müssen und ob bzw. wie sich die Zeit und die Rolle der Lehrkraft bei der Betreuung der Unterrichtsexperimente verändern würde, wenn Experimentierkisten zum Einsatz kommen.	F 10; F 11; F 12 a & b; F 13 a & b
Chancen und Schwierigkeiten	Die Kategorie stellt spezifische Fragen zu Chancen und Schwierigkeiten, die für Lernende und Lehrende bei der Verwendung von Experimentierkisten entstehen. Die Teilnehmenden sollen persönliche Aspekte und Einschätzungen notieren, die sie in diesem Zusammenhang sehen.	F 14; F 15; F 16; F 17
Persönliche Rückmeldungen	Die letzten beiden Fragen beziehen sich konkret auf die Experimentierkisten und deren Basiskonzept. Die Lehrenden sollen ihre persönliche Meinung offenlegen und auf Aspekte eingehen, die ihnen gefallen haben und auch auf Verbesserungsvorschläge und Kritikpunkte.	F 18; F 19

Tabelle 1: Fragenkategorien

Es existieren insgesamt zwei Versionen des für die Datenerhebung eingesetzten Fragebogens. Die ersten beiden Fassungen wurden innerhalb von zwei Pilotrunden getestet, um sicherzustellen, dass die Formulierungen der Fragen eindeutig und verständlich war und die gewünschten Informationen lieferten. Die Items konnten so optimiert werden, um eine möglichst hohe Validität des Fragebogens zu erreichen. Im folgenden Abschnitt wird auf die einzelnen Fragen und auf etwaige Anpassungen und Ergänzungen eingegangen. Die Items werden mit Hilfe von Ausschnitten aus den Fragebögen erläutert (s. Anhang).

Die ersten drei Items des Fragebogens ermittelten demographische Daten der Lehrkräfte. Die erste Frage (F 1) der ersten Version fragte nur vier verschiedene Schulformen ab:

F 1 (alt):

Ich unterrichte folgende Schulform:

☐

Hauptschule

☐

Realschule

☐

Förderschule

☐

Gymnasium

Da die Teilnehmenden der Pilotierungsphase zurückmeldeten, dass Integrative und Kooperative Gesamtschulen (IGS und KGS) ergänzt werden sollten, um alle vertretenen Schularten abzufragen, wurden diese in der zweiten Version ergänzt und der Vollständigkeit halber ein Feld für andere Schularten hinzugefügt:

F 1 (neu):

Ich unterrichte folgende Schulform:

☐

Hauptschule

☐

Realschule

☐

Förderschule

☐

Gymnasium

☐

KGS:

☐

Hauptschulzweig

☐

IGS

☐

Realschulzweig

☐

Gymnasialzweig

☐

Weiteres:

Frage zwei und drei erfassen die von der teilnehmenden Person unterrichteten Klassenstufen (F 2) und naturwissenschaftlichen Fächer (F 3). Diese Fragen hatten sich bei der Pilotierung bewährt und wurden deshalb beibehalten.

F 2:

Ich unterrichte folgende Klassenstufen: _____

F 3:

Ich unterrichte die Klassen in den Fächern/im Fach:

☐

Biologie

☐

Physik

☐

Chemie

☐

NaWi

Das vierte Item bezog sich auf unterrichtsspezifische Informationen, nämlich auf die im naturwissenschaftlichen Unterricht in die Klasse integrierten Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderbedarf. Auf den Förderbedarf an sich wurde nicht genauer eingegangen. Es sollte lediglich abgefragt werden, wie viele Lernende in der Klassengemeinschaft sind, die merklich mehr unterstützende Maßnahmen – vor allem mit Blick auf Schülerexperimente – benötigen. Die erste Version des Fragebogens unterteilte bereits in die Anzahl der Kinder mit speziellem Förderbedarf (F 4 a), kategorisiert nach „keine“, „1 – 2“, „2 – 4“ und „> 4“ und in das Vorhandensein einer Person, die die betreffenden Schülerinnen und Schüler im Unterricht begleitet und unterstützt (F 4 b):

F 4 a: Wie viele SuS mit speziellem Förderbedarf (ADS/ADHS, FSL, Autismus, DAZ, ...) unterrichten
Sie in den naturwissenschaftlichen Fächern:

☐ Keine ☐ 1 – 2 ☐ 2 – 4 ☐ > 4

F 4 b (alt): Gibt es für diese SuS Schulbegleiter? ☐ Ja ☐ Nein

Die Kategorisierung der Frage 4 b erwies sich als unzureichend, da zum Teil für einige Kinder mit Förderbedarf, aber nicht für alle eine Schulbegleitung verfügbar war. An dieser Stelle wurde die Kategorisierung deshalb wie folgt optimiert:

F 4 b (neu): Gibt es für diese Schüler*innen Schulbegleiter*innen?

☐ Ja, teilweise ☐ Ja, für alle ☐ Nein

In der ersten Fassung des Datenerhebungsbogens erfolgte im Übergang zum fünften Item direkt die quantitative Frage nach dem Einsatz von Schülerexperimenten im Unterricht (F 5 a) und die qualitative Frage nach der Häufigkeit und Begründung (F 5 b), mit der dies passierte:

F 5 a (alt): In meinen naturwissenschaftlichen Unterricht baue ich Schülerexperimente ein:

☐ Ja ☐ Nein

F 5 b (alt): Wenn Ja, wie oft und warum?

Wenn Nein, warum nicht?

Nach der Pilotierungsphase erschien es sinnvoll, neben dem Einsatz von Schülerexperimenten auch Demonstrationsexperimente zu thematisieren. Diese wurden in der neuen Version ergänzt. Die Kombination aus quantitativem und qualitativem Fragenteil wurde beibehalten, jedoch Antwortmöglichkeiten bezüglich der Häufigkeit ergänzt.

F 5 a: In meinen naturwissenschaftlichen Unterricht baue ich Demoexperimente der Lehrkraft ein:

☐ Ja ☐ Nein

F 5 b: Wenn ja, wie oft innerhalb eines Schuljahres?

☐ < 2 Mal ☐ 2 – 4 Mal ☐ > 4 Mal

F 6 a: In meinen naturwissenschaftlichen Unterricht baue ich Schülerexperimente ein:

☐ Ja ☐ Nein

F 6 b: Wenn ja, wie oft innerhalb eines Schuljahres?

☐ < 2 Mal ☐ 2 – 4 Mal ☐ > 4 Mal

Neben der Begründung für die Häufigkeit des Einsatzes von Schülerexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht, kam nach der Pilotrunde die Frage auf, mit welcher Überzeugung diese Art von Experimenten in den Schulunterricht integriert werden. Es wurde folgende qualitative, offene Frage ergänzt:

F 7 a: Wieso bauen Sie Schülerexperimente in Ihren Unterricht ein bzw. warum halten Sie diese für wichtig?

F 7 b: Wenn nein, warum nicht?

Ab der ersten Version beibehalten wurden die Frage, ob der Einsatz der Experimentierkisten einen

positiven Einfluss auf die Häufigkeit der Schülerexperimente im Unterricht

Würden Sie (öfter) Schülerexperimente in Ihren Unterricht einbauen, wenn Ihnen diese Art Experimentierboxen zu verschiedenen Themenbereichen zur Verfügung stehen?

☐ Ja ☐ Nein

Begründen Sie Ihre Antwort:

die
der

im

habe (F 8 a) mit entsprechender Begründung (F 8 b) und die Frage nach verfügbarem Fachpersonal, das bei Experimenten unterstützen kann (F 9).

F 8 a:

F 8b:

F 9:

Gibt es an Ihrer Schule Fachpersonal (z. B. Leiter*innen für die naturwissenschaftliche Sammlung), das bei Experimenten im Unterricht unterstützen kann?

☐ Ja

☐ Nein

Die nächsten Items des Fragebogens beziehen sich auf die Zeitinvestition der Lehrkräfte in Unterrichtsstunden mit und ohne Schülerexperiment. In der ersten Version wurde nur die Vorbereitungszeit abgefragt. Dies wurde in einer zweiten Fassung auf die Vor- und Nachbereitungszeit einer Doppelstunde mit und ohne Schülerexperiment erweitert. Diese Formulierung sowie die Frage nach dem Einfluss der Experimentierkisten auf diese Zeiten, erwiesen sich als funktional und blieben deshalb in der aktuellen Version unverändert.

F 10:

Wie viel Zeit investieren Sie in die Vorbereitung und Nachbereitung einer Unterrichtsstunde (Doppelstunde, 90 min) ohne Schülerexperiment(e)?

F 11:

Wie viel Zeit investieren Sie in die Vorbereitung und Nachbereitung einer Unterrichtsstunde (Doppelstunde, 90 min) mit Schülerexperiment(en)?

_____ h _____ min

F 12 a:

Wie würde sich der Einsatz der Experimentierboxen auf Ihre Vorbereitungs- und Nachbereitungszeit für Unterrichtsstunden auswirken?



Positiv (weniger Zeitaufwand)



Negativ (mehr Zeitaufwand)



gar nicht

F 12 b:

Begründen Sie Ihre Antwort:

Ergänzt wurde noch die quantitative Frage nach dem Einfluss der Experimentierboxen auf die Rolle der Lehrkraft während der Betreuung von Schülerexperimenten und die qualitative Begründung dafür.

F 13 a: Wie würde sich der Einsatz der Experimentierboxen auf Ihre Rolle bei der Betreuung der Schülerexperimente während der Unterrichtsstunden auswirken?

☐

Positiv (weniger aufwändig)

☐

Negativ (aufwändiger)

☐

gar nicht

F 13 b: Begründen Sie Ihre Antwort:

Die qualitativen Fragen 14 bis 17 umfassen die persönlichen Meinungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu Chancen und Schwierigkeiten beim Einsatz von Experimentierkisten für Schülerinnen und Schüler und für Lehrkräfte. Diese haben sich seit der ersten Version bewährt und wurden entsprechend beibehalten. Lediglich die Begriffe „Chancen“, „Schwierigkeiten“, „Schüler*Innen“ und „Lehrkräfte“ wurden aus Gründen der Sichtbarkeit und Klarheit fett gedruckt.

F 14: Welche Chancen sehen Sie für die SuS beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht?
Nennen Sie 3.

F 15: Welche Chancen sehen Sie für Lehrkräfte beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

F 16: Welche Schwierigkeiten sehen Sie für die SuS beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

F 17: Welche Schwierigkeiten sehen Sie für die Lehrkräfte beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Auch die kritische, qualitative Rückmeldung der Lehrerinnen und Lehrer zum Konzept und der Ausarbeitung der Experimentierkisten, die die letzten beiden Fragen des Fragebogens waren, konnten ab der ersten Version beibehalten werden.

F 18: Was gefällt Ihnen besonders an den Experimentierkisten? Nennen Sie mindestens 3 Dinge.

F 19: Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie für die Experimentierkisten?

Zur Bearbeitung des Fragebogens bekamen die Freiwilligen lediglich den Hinweis, dass er aus vier Seiten und teils offenen und teils geschlossenen Fragen besteht. Weitere Erklärungen waren nicht nötig.

4.2.3. Datenanalyse

Die erhobenen Daten wurde mittels einer Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse der offenen Fragen und einer deskriptiven Statistik der quantitativen Daten analysiert. In einem ersten Schritt wurde die Gültigkeit der Fragebögen überprüft. Dies war dann der Fall, wenn alle quantitativen Fragen eindeutig und vollständig durch Setzen eines Kreuzes beantwortet und die offenen Items durch wenigstens einen Stichpunkt erläutert wurden. Die Antworten auf die offenen Fragen wurden zunächst gesammelt und dann in repräsentative Kategorien eingeordnet.

Die quantitative Datenanalyse umfasste alle geschlossenen Fragen. Diese bezogen sich auf die Schulform (F 1), das naturwissenschaftliche Unterrichtsfach bzw. die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer (F 3), die Anzahl der Kinder mit speziellem Förderbedarf in diesen Fächern und ob für sie eine Schulbegleiterin bzw. ein Schulbegleiter vorhanden ist (F 4 a & b), ob naturwissenschaftliche Demonstrationsexperimente eingesetzt werden und, falls ja, wie häufig (F 5 a & b), ob naturwissenschaftliche Schülerexperimente eingesetzt werden und, falls ja, wie häufig (F 6 a & b), ob Schülerexperimente unter dem Einsatz der Experimentierkisten häufiger in den Unterricht integriert würden (F 8 a), ob es Fachpersonal für die naturwissenschaftliche Sammlung an der Schule gibt (F 9), wie sich der Einsatz der Boxen auf die Vor- und Nachbereitungszeit (F 12 a) und auf die Rolle bei der Betreuung der Schülerexperimente (F 13 a) auswirkt.

Zur Analyse wurden unterschiedliche Darstellungen genutzt. Demographische Daten, die die Schulform die naturwissenschaftlichen Fächer betreffen, wurden in einer Häufigkeitsverteilung mittels eines Balkendiagramms dargestellt. Auf dieselbe Art und Weise wurden die erhobenen Daten zur Anzahl der Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderbedarf und, ob für sie Begleitpersonen verfügbar sind, veranschaulicht, um einen Überblick über die Zusammensetzung der durch die Teilnehmenden vertretenen Schulformen und Naturwissenschaften zu generieren.

Items, die das Vorhandensein eines naturwissenschaftlichen Fachpersonals zur Unterstützung bei Unterrichtsexperimenten (ja / nein), den Einsatz von Schüler- bzw. Demonstrationsexperimenten (ja / nein) und die Häufigkeit, mit der sie im Unterricht angewandt werden (< 2 Mal / 2 – 4 Mal / > 4 Mal), abfragten, sowie die Einschätzung des Einflusses der inklusiven Experimentierkisten auf die verschiedenen Faktoren (positiv / negativ / gar nicht), wurden prozentual dargestellt.

Für die Skalenfrage nach der Klassenstufen (F 2), die die Teilnehmerinnen und Teilnehmer unterrichteten, wurde ein Mittelwert berechnet, um eine zusammenfassende Bilanz der am häufigsten vertretenen Klassenstufe zu erhalten.

Offene Fragen unterliefen einer qualitativen Datenanalyse. Zu dieser Kategorie zählen die Begründung des Einbaus von Schülerexperimenten in den Unterricht (F 7 a & b) und ob häufiger Schülerexperimente unter Anwendung der Experimentierkisten häufiger eingesetzt würden (F 8 b). Für die Frage nach dem Zeitaufwand für die Vorbereitung und Nachbereitung einer Unterrichtsstunde mit und ohne Schülerexperimente (F 10 & 11) wird zur besseren Vergleichbarkeit jeweils ein Mittelwert gebildet, um die durchschnittliche Arbeitszeit zu erhalten. Es wird außerdem der mittlere Wert für die zusätzlich aufzubringende Zeit bei einer Unterrichtsstunde mit Schülerexperiment errechnet. Die Begründung der Einschätzung, wie sich die Experimentierkisten auf die Vorbereitungszeit (F 12 b) und die Rolle der Lehrkraft (F 13 b) auswirken, werden qualitativ untersucht. Die Fragen 14 bis 19 wurden ebenfalls einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Sie erfragen die Chancen und Schwierigkeiten, die sich nach Meinung der Testpersonen für die Schülerinnen und Schüler bzw. für Lehrerinnen und Lehrer durch die Experimentierboxen ergeben und welche positiven und verbesserungswürdigen Aspekte den Teilnehmerinnen und Teilnehmern bei den Boxen bzw. dem dahinterstehenden Konzept aufgefallen sind.

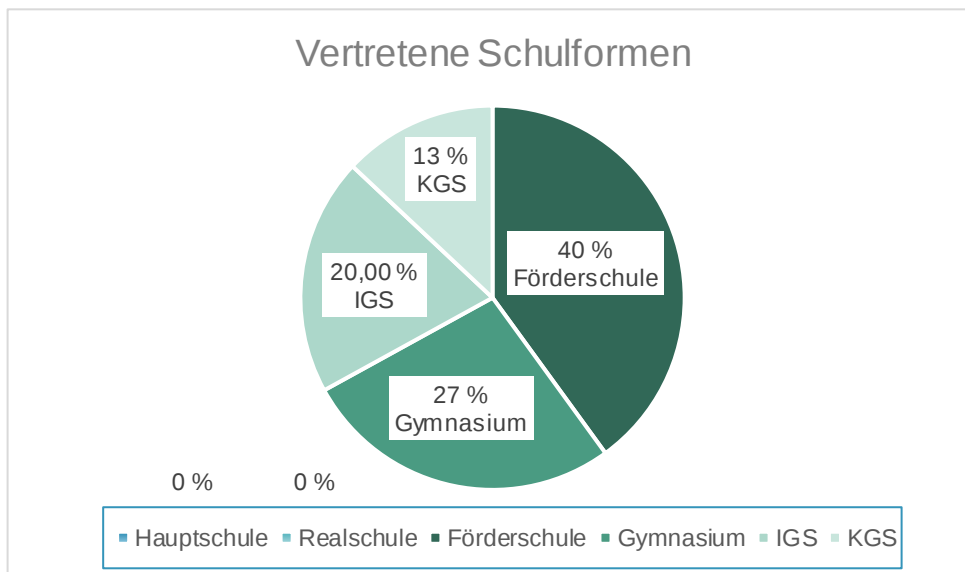
Um die Fragen zu ordnen, wurden sie in thematische Kategorien eingeteilt, die induktiv auf Grundlage der Rückmeldungen der Teilnehmenden erstellt wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Kategorien die zentralen Aspekte der Antworten präzise wiedergeben und dass die Codierung einheitlich erfolgt. Die Häufigkeit, mit der ein Stichpunkt genannt wurde, war proportional zu dessen Relevanz für die Erkenntnisse.

Im Anschluss an die Analysen folgte eine vergleichende und kombinierende Betrachtung der qualitativen und quantitativen Ergebnisse, um Korrelationen und Differenzen herauszustellen und ein umfassendes Verständnis für die vorliegenden Daten zu erhalten.

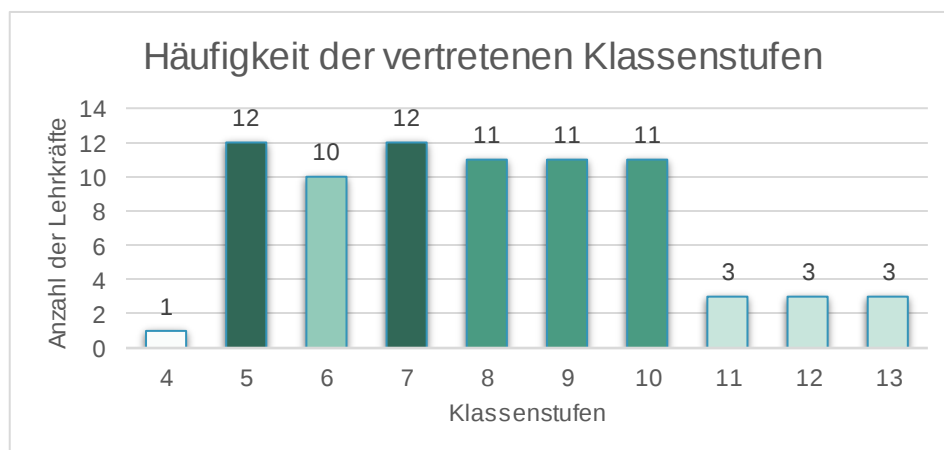
Die quantitativen Items wurden mit Hilfe von Microsoft Excel in Form von unterschiedlichen Diagrammen dargestellt.

4.3. Auswertung der Fragebögen und Darstellung der Ergebnisse

An der Befragung nahmen insgesamt 17 Lehrerinnen und Lehrer hessischer Schulen teil. Zwei von ihnen hatten die ersten Entwürfe des Fragebogens vorliegen. Aus Gründen der nicht vollständig gegebenen Vergleichbarkeit wurden diese Bögen nicht für die Datenerhebung, sondern nur für die Pilotierung der Items genutzt. Die übrigen 15 Bögen konnten als vollständig ausgefüllt und damit als gültig gewertet werden.

Frage 1:**Diagramm 1: Schulformen**

Unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern waren keine Haupt- oder Realschullehrkräfte. Mit rund 13 % die wenigsten Lehrkräfte kamen aus Kooperativen Gesamtschulen (KGS). Alle KGS-Lehrkräfte waren in Haupt-, Realschul- und Gymnasialzweigen eingesetzt. 20 % der Teilnehmenden waren aus Integrierten Gesamtschulen (IGS). Mit rund 27 % waren die am zweithäufigsten vertretene Teilnehmerinnen und Teilnehmer als Lehrende in einem Gymnasium beschäftigt. Die Spitze führt die Förderschule an mit 40 %.

Frage 2:**Diagramm 2: Vertretene Klassenstufen**

Die am häufigsten vertretenen Klassenstufen sind die fünfte und siebte Klasse mit zwölf Lehrkräften, die diese Stufen unterrichten. Mit elf Lehrpersonen sind die Klassen acht, neun und zehn vertreten, die Klasse sechs wird von zehn Lehrkräften unterrichtet. Wenige Teilnehmende unterrichten in den Stufen elf bis 13 und nur eine in der vierten Klasse. Der größte Anteil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer unterrichten in den Klassenstufen fünf bis zehn.

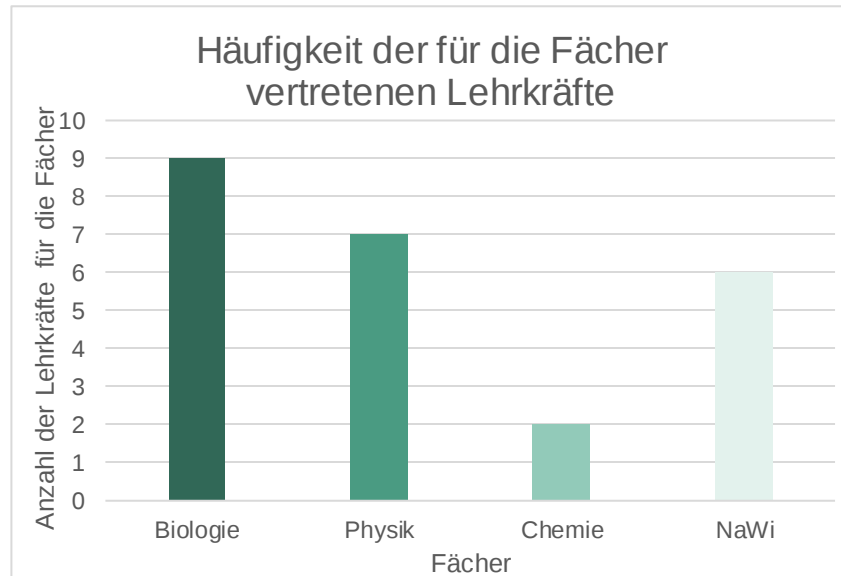
Frage 3:

Diagramm 3: Anzahl der Lehrpersonen für die verschiedenen Fächer

Unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern sind Lehrerinnen und Lehrer, die nur ein Fach und solche, die zwei Fächer unterrichten. Es gibt insgesamt zwei Lehrpersonen für das Fach Chemie. Für NaWi gibt es sechs Lehrende, dicht gefolgt von Physik mit sieben Lehrkräften. Mit neun Lehrerinnen und Lehrern führt das Fach Biologie.

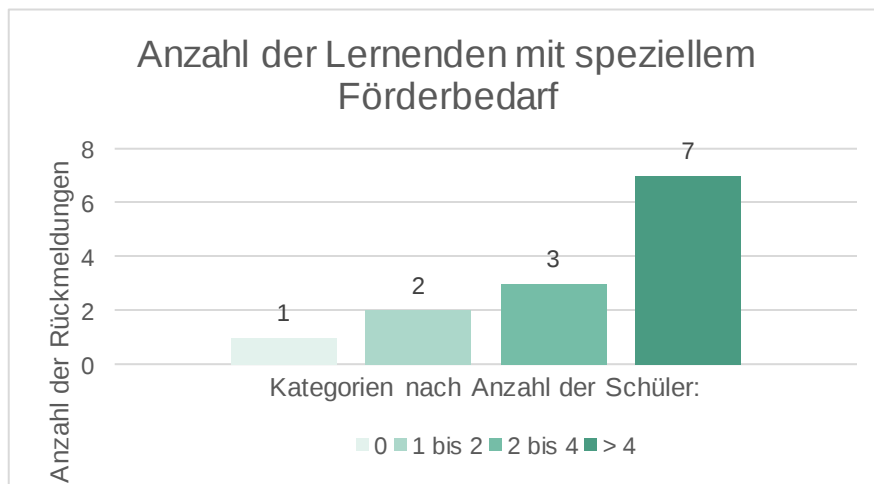
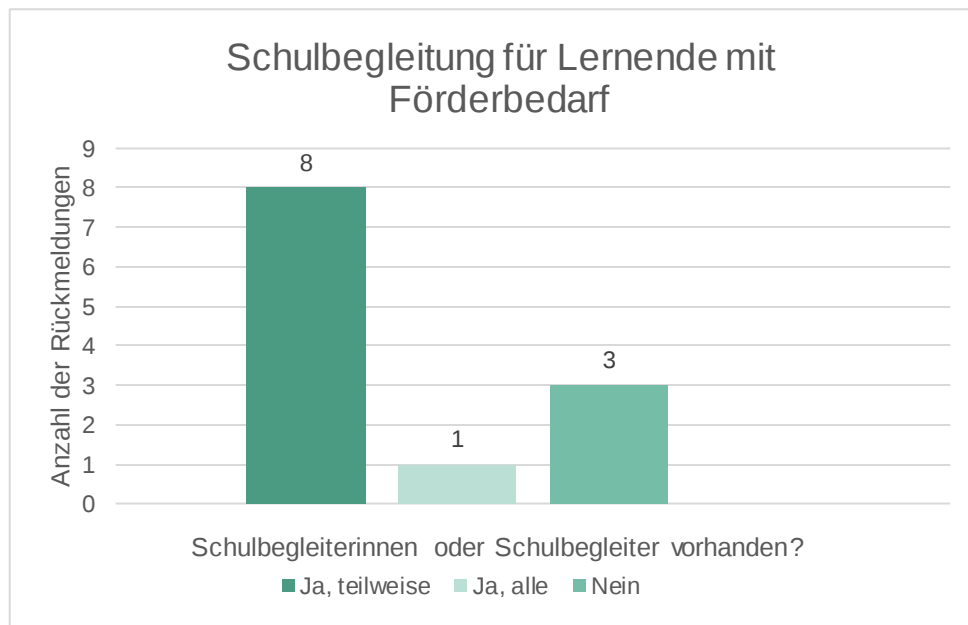
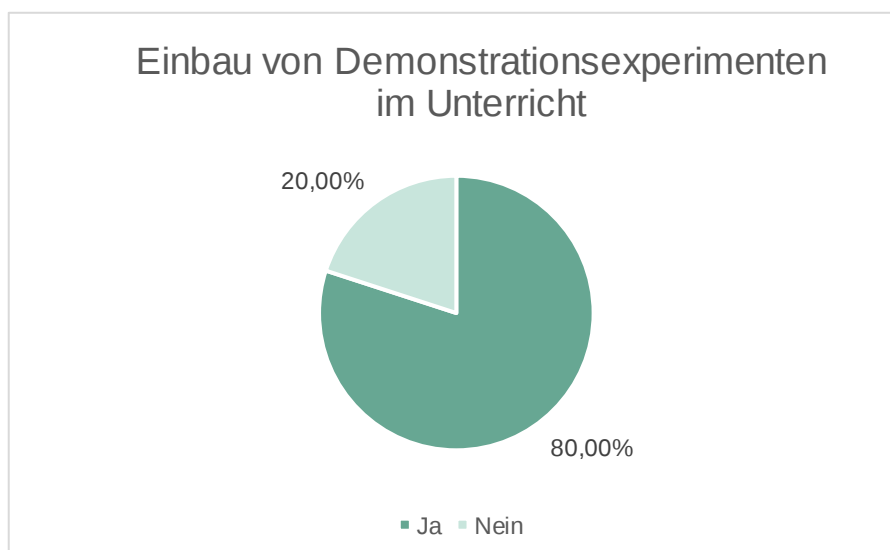
Frage 4 a:

Diagramm 5: Lernende mit speziellem Förderbedarf

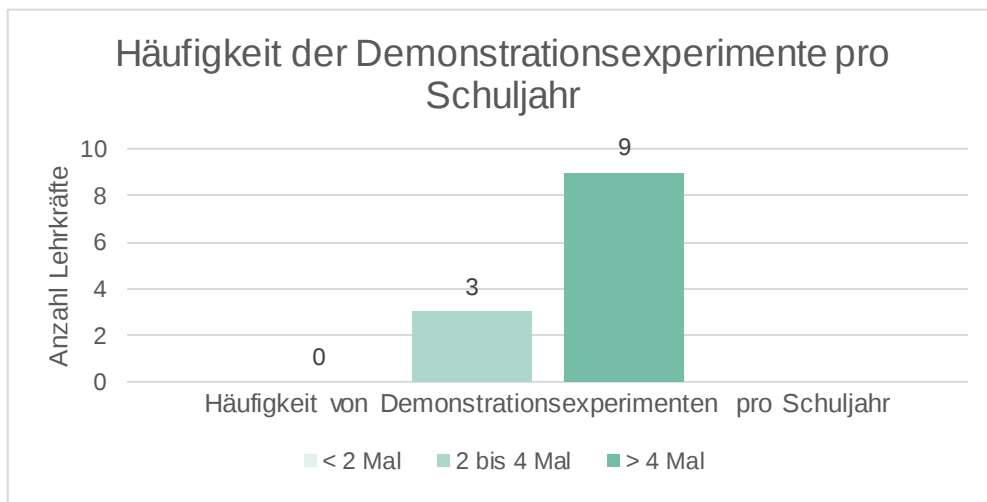
Eine Lehrkraft gab an, dass sie im naturwissenschaftlichen Unterricht keine Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderbedarf hat. Bei zwei Lehrerinnen oder Lehrern gab es ein bis zwei Lernende, die förderbedürftig sind. Insgesamt drei Teilnehmende berichteten von zwei bis vier solcher Schülerinnen und Schüler, und sieben Lehrende betreuen mehr als vier von ihnen im Naturwissenschaftsunterricht.

Frage 4 b:**Diagramm 6: Schulbegleitungen für Kinder mit speziellem Förderbedarf**

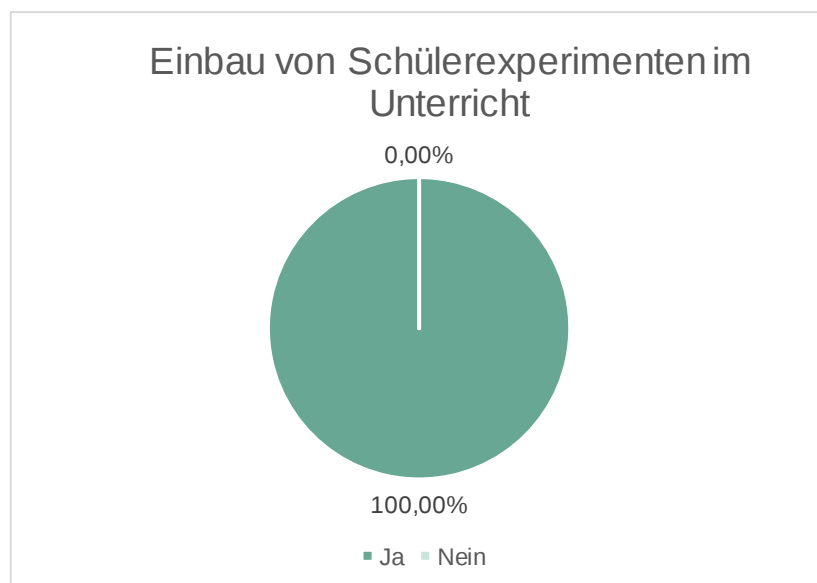
Bei nur einer Lehrperson gab es für alle Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderbedarf eine Schulbegleitung. Drei berichten davon, dass keiner der förderbedürftigen Lernenden eine Begleitperson zur Verfügung hat. Bei acht Lehrerinnen und Lehrern sind nur teilweise Schulbegleiterinnen und Schulbegleiter für entsprechende Kinder vorhanden.

Frage 5 a:**Diagramm 7: Einbau von Demonstrationsexperimenten in den Naturwissenschaftsunterricht**

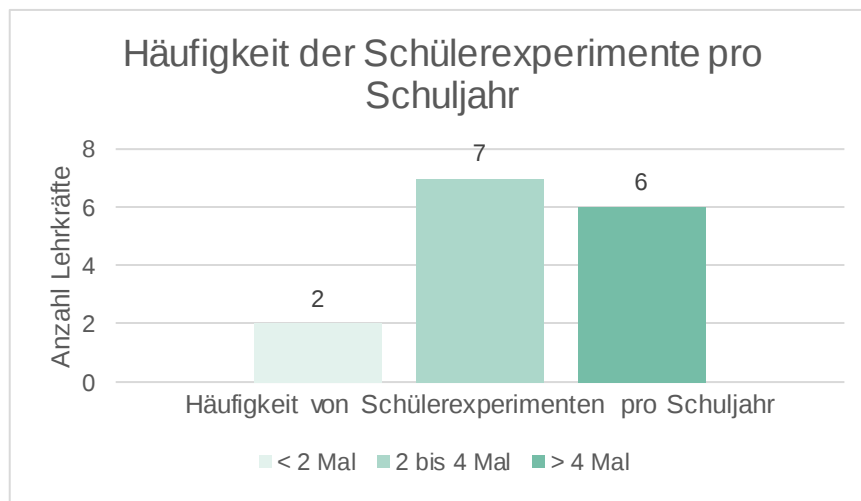
Zwölf von 15 Teilnehmende gaben an, dass sie Demonstrationsexperimente in ihren naturwissenschaftlichen Unterricht einbauen. Die übrigen drei bauten diese nicht ein.

Frage 5 b:**Diagramm 8: Häufigkeit der Demonstrationsexperimente pro Schuljahr**

Von den zwölf Teilnehmerinnen und Teilnehmern berichteten drei, dass sie etwa zwei bis vier Mal im Schuljahr Demonstrationsexperimente einbauten. Neun Personen bauten mehr als vier solcher Experimente in ihren Unterricht ein.

Frage 6 a:**Diagramm 9: Einbau von Schülerexperimenten in den Naturwissenschaftsunterricht**

Alle 15 Teilnehmende gaben an, dass sie Schülerexperimente in ihren naturwissenschaftlichen Unterricht einbauen.

Frage 6 b:**Diagramm 10: Häufigkeit von Schülerexperimenten pro Schuljahr**

Zwei Teilnehmende berichteten, dass weniger als zwei Mal im Schuljahr Schülerexperimente durchgeführt werden. Zwischen zwei und vier Mal innerhalb des Schuljahres integrierten 7 Teilnehmerinnen und Teilnehmer solche Experimente. Sechs Personen bauten mehr als vier in ihren Unterricht ein. Zu diesen sechs zählen die vier Gymnasiallehrkräfte, sowie eine Förderschullehrkraft und eine Lehrkraft einer Integrierten Gesamtschule.

Frage 7 a:

Diese Frage beschäftigt sich mit den Gründen, aus denen Lehrkräfte Schülerexperimente in ihren naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren. Es wird abgefragt, welche Intention hinter dem Einsatz steckt und warum diese Experimente für wichtig erachtet werden.

Sechs Lehrpersonen nennen die Handlungsorientierung als Begründung. Dazu zählen auch Aspekte wie das Lernen mit allen Sinnen und die Vorliebe von Schülerinnen und Schülern, im Unterricht praktisch zu arbeiten. Ebenso viele Teilnehmende erwähnen das Ziel, durch den Einsatz von Schülerexperimenten die Kompetenz zu selbstständigem Arbeiten zu stärken. Insgesamt zehn Personen stellen das Ziel von naturwissenschaftlichem Unterricht in den Vordergrund: durch diese Art von Experimenten sollen die Lernenden den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, sowie wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennenlernen. Mit insgesamt zwölf Erwähnungen ist die Motivation der Schülerinnen und Schüler das am häufigsten genannte Stichwort, mit dem die Lehrenden die Einbettung von Schülerexperimenten in den Naturwissenschaftsunterricht begründen.

Frage 7 b:

– Entfällt –

Dieses Item sollte nur dann ausgefüllt werden, wenn keine Schülerexperimente in den Unterricht eingebaut werden, um die Antwort zu begründen. Da alle Teilnehmenden solche Experimente einbauten, blieb diese Frage unbeantwortet und fällt somit aus der Ergebnissicherung.

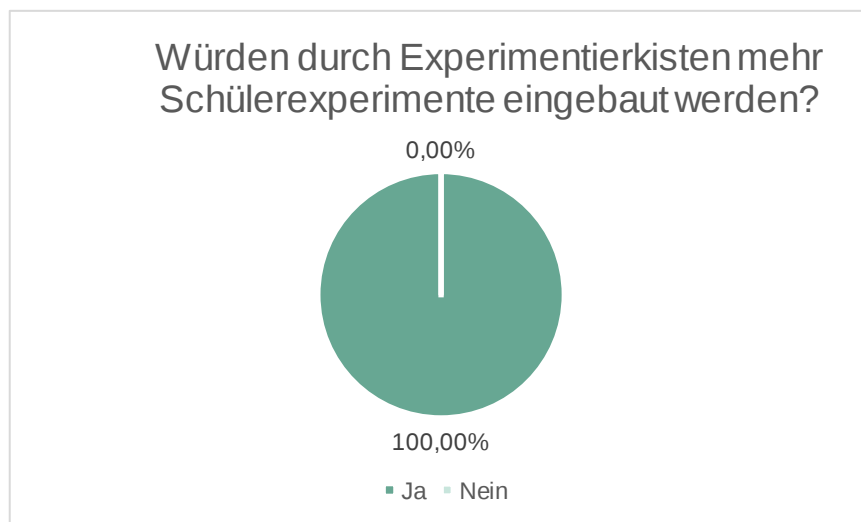
Frage 8 a:

Diagramm 11: Effekte des Einsatzes der Experimentierkisten auf den Einbau von Schülerexperimenten im Unterricht

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer antworteten auf die Frage, ob sie unter dem Einsatz von Experimentierkisten zu verschiedenen Themen öfter Schülerexperimente in den Unterricht einbauen würden, mit „Ja“.

Frage 8 b:

Als Gründe für den häufigeren Einsatz von Schülerexperimenten durch die Verwendung von Experimentierkisten nannten acht der Teilnehmerinnen und Teilnehmer die dadurch resultierende Zeitersparnis. Dreizehn Personen führten konkret die Erleichterung des Arbeitsaufwandes bei der Vor- und Nachbereitung des Unterrichts mit Schülerexperimenten auf. Von diesen erwähnten acht, dass vor allem die wegfallende Differenzierung entlastet.

Frage 9:

Auf die Frage, ob es an der Schule Fachpersonal gibt, das für die naturwissenschaftliche Sammlung verantwortlich ist und im Bedarfsfall bei Experimenten unterstützen kann,

antworteten nur zwei Studienteilnehmerinnen und -Teilnehmer mit „Ja“, bei den restlichen 13 gibt es eine solche Person nicht.

Frage 10:

Für den Zeitaufwand, den die Lehrerinnen und Lehrer für die Vorbereitung und Nachbereitung einer Schulstunde ohne Schülerexperiment auf bringen müssen, wurden Werte zwischen zehn Minuten und 120 Minuten genannt. Drei notierten zusätzlich, dass die Zeit davon abhängig ist, ob die Unterrichtseinheit in der Vergangenheit bereits durchgeführt wurde oder nicht.

Zwei Teilnehmende gaben bei der Frage Zeitspannen an. Um die Werte nutzen zu können, wurde der Mittelwert gebildet:

$$\text{„10 – 15 min“: } \frac{(10+15)\text{min}}{2} = 12,5 \text{ min}$$

$$\text{„30 – 90 min“: } \frac{(30+90)\text{min}}{2} = 60 \text{ min}$$

Berechnung des Durchschnittlichen Zeitbedarfs für die Vor- und Nachbereitung einer Doppelstunde ohne Schülerexperiment:

$$\frac{(30 + 60 + 60 + 45 + 60 + 120 + 90 + 120 + 75 + 12,5 + 20 + 60 + 20 + 30 + 45)\text{min}}{15} = 56,5 \text{ min}$$

Im Mittel benötigten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie 56,5 Minuten, um eine Doppelstunde ohne den Einsatz eines Schülerexperiments vor- und nachzubereiten.

Frage 11:

Bei dieser Frage wurde genauso verfahren wie zuvor.

Angaben von Zeitspannen wurden gemittelt:

$$\text{„20 – 30 min“: } \frac{(20+30)\text{min}}{2} = 25 \text{ min}$$

$$\text{„60 – 90 min“: } \frac{(60+90)\text{min}}{2} = 75 \text{ min}$$

Aus den erhaltenen Antworten wurde ein Mittelwert berechnet:

$$\frac{(60 + 90 + 90 + 50 + 120 + 300 + 150 + 120 + 105 + 25 + 30 + 75 + 40 + 60 + 90)\text{min}}{15} = 93,7 \text{ min}$$

Die Angaben zum Zeitaufwand bei einer Doppelstunde mit Schülerexperiment umfassten eine Spanne zwischen 20 Minuten und 300 Minuten. Im Mittel benötigen die Lehrkräfte für die Vor- und Nachbereitung einer solchen Unterrichtseinheit 93,7 Minuten.

Aus den Items 10 und 11 lässt sich die durchschnittliche Zeit berechnen, die die Lehrerinnen und Lehrer mehr aufbringen müssen, wenn ein Schülerexperiment in den Unterricht integriert wird:

$$(93,7 - 56,5)_{\min} = 37,2_{\min}$$

Im Mittel müssen zusätzlich 37,2 Minuten für die Vor- und Nachbereitungszeit aufgewendet werden, wenn Schülerexperimente im Unterricht stattfinden sollen.

Frage 12 a:

Auf die Frage, wie sich der Einsatz von Experimentierkisten auf die Vor- und Nachbereitungszeit auswirken würde, antworteten 14 von 15 Personen mit „positiv (weniger Zeitaufwand)“ und eine mit „negativ (mehr Zeitaufwand)“. Keiner war der Meinung, dass die Verwendung der Kisten keine Auswirkungen hat.

Frage 12 b:

Die Begründung der positiven Auswirkungen auf die Vor- und Nachbereitungszeit beruht fünf Teilnehmenden zufolge auf der wegfallenden Konzipierung von Experimentieranleitungen und Arbeitsblättern. Sechs Lehrerinnen und Lehrer nannten Differenzierungsaspekte als größten Zeitfaktor, der durch die Experimentierkisten abgedeckt würde. Acht Lehrkräfte machten die Auswirkungen an der nicht mehr nötigen Suche von geeignetem Experimentiermaterial fest.

Die eine Person, für die der Einsatz der Boxen mehr Zeitaufwand bedeutete, nannte als Grund zum einen die notwendige Sichtung und Überprüfung auf Vollständigkeit verbunden mit einer gelegentlichen Auffüllung der fehlenden Materialien. Zum anderen erachtete die Lehrkraft die Organisation von Zeit, Raum und Ergebnisdokumentation als zusätzliche zeitintensive Aufgabe.

Frage 13 a:

Die Frage, wie sich die inklusiven Experimentierboxen auf die Rolle der teilnehmenden Lehrpersonen bei der Betreuung der Schülerexperimente im Unterricht auswirke, war eine Person der Meinung, dass es keine zu beobachtenden Effekte gebe. Zwei erachteten ihre Rolle als

aufwändiger und die Mehrheit, insgesamt 12 Teilnehmenden, meldete zurück, dass die Experimentierkisten ihre Lehrerrolle weniger aufwändig machen.

Frage 13 b:

Die Person, die durch den Einsatz von Experimentierkisten keinen Effekt erwartete, begründete ihre Antwort damit, dass das Konzept ähnlich zu einer Gruppenarbeit wäre.

Von den beiden Lehrkräften, die einen Mehraufwand beim Verwenden der Kisten im Unterricht sahen, wurden als Gründe die nötige Reaktion auf individuelle Probleme zu jedem einzelnen Experiment und die aufwändige Koordination genannt.

Für die Teilnehmenden, die ihre Rolle als weniger aufwändig einschätzten, lag die Begründung im selbstständigen Arbeiten und der daraus resultierenden Zeit, auf individuelle Probleme einzugehen und Hilfe zu leisten. Mit einer achtmaligen Nennung lag der Fokus der Gründe darauf, dass die inklusiven Experimentierkisten die Schülerinnen und Schüler in den Vordergrund stellen, sodass die Lehrpersonen in den Hintergrund treten können und dadurch entlastet werden.

Frage 14:

Die Chancen, die rund 34 % der Teilnehmenden der Studie für die Schülerinnen und Schüler in Folge des Einsatzes von inklusiven Experimentierkisten sahen, umfassen zum einen vielseitige Aspekte der Lernkompetenz. Genannt wurden eine Steigerung der Problemlösekompetenz und Arbeitskompetenz durch das selbstständige Experimentieren. Außerdem sahen 47 % der Befragten für die Lernenden eine Chance, personale Kompetenzen auszubauen. An dieser Stelle wurde die Wertschätzung jedes einzelnen Kindes durch Einzelaufgaben, sowie das daraus resultierend gesteigerte Selbstbewusstsein, das Erfahren von Selbstwirksamkeit, die Stärkung der Eigenverantwortlichkeit und Selbstregulation und die damit in Verbindung stehende Konzentration der Schülerinnen und Schüler genannt. Einen weiteren Erfolg können die Lernenden, laut 20 % der Lehrerinnen und Lehrern, durch die soziale Kooperation in heterogenen Gruppen in ihrer Sozialkompetenz verzeichnen. Einen Effekt haben die Boxen laut rund 67 % der Befragten außerdem auf das Erlernen naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen durch forschendes Lernen und das damit verbundene steigende Interesse an Naturwissenschaften. In direktem Bezug dazu stand die Erweiterung der Erkenntnisgewinnungskompetenz durch die praktische Arbeit der Lernenden. Etwa 60 % sahen die größten Auswirkungen der Experimentierkisten auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler, wobei 44 % unter diesen der Meinung waren, dass die Alltagsnähe der Experimente für eine gesteigerte Motivation sorgt.

Frage 15:

Die Chancen für Lehrkräfte, die die Experimentierkisten mit sich bringen, verorteten die Teilnehmenden in zwei Kategorien: der Unterrichtsvor- und Nachbereitung und in der Unterrichtsgestaltung. Zu Letzterem nannten rund 27 % den Vorteil, dass die Boxen neue Ideen und Gestaltungsmethoden für den Unterricht, insbesondere für den NaWi-Unterricht bieten und damit eine verringerte Hemmung vor dem Fach. Ebenso viele sahen Chancen für ihren Naturwissenschaftsunterricht in der alltagsbezogenen und vielfältigen Themenauswahl, die die Experimentierkisten bieten. 47 % der Befragten, also nahezu die Hälfte, sah den Gewinn bei der zusätzlichen Zeit der Lehrkraft im Unterricht, die den Schülerinnen und Schülern zugutekommt, die Hilfe benötigen. In Bezug auf die Unterrichtsvor- und Nachbereitung sahen 93 % der Studienteilnehmerinnen und -Teilnehmer den Vorteil, dass die Zeit und der Aufwand für die Planung, hier wurde auch von 33 % die wegfallende Differenzierungsarbeit genannt, und Nachbereitung durch die Boxen reduziert wird.

Frage 16:

Schwierigkeiten für die Lernenden sahen die Lehrkräfte vor allem in Aspekten der Überforderung. 20 % schätzten die Überladung der Experimentierboxen als überfordernd ein, 33 % nannten in diesem Bezug die Unbekanntheit einiger Materialien. Der mit 60 % am häufigsten genannte Punkt war das Verstehen der Anleitung und somit fehlerfreie Durchführung der Experimente.

Frage 17:

Die Schwierigkeiten für Lehrpersonen sahen die Befragten in der Betreuung, in der Vorbereitung, der langfristigen Lagerung und in der Umsetzung im Unterricht. Für letzteren Aspekt nannten 33 % der Befragten den knappen Zeitrahmen, der ihnen in den naturwissenschaftlichen Fächern vorgegeben ist. Die Lehrkräfte, die diesen Punkt anmerkten, vertraten die Schulformen Förderschule, IGS und KGS. Rund 27 % der Teilnehmenden sahen Schwierigkeiten in der Lagerung der Experimentierkisten. 40 % der Lehrpersonen empfanden die Vor- und Nachbereitung der Arbeit mit den Kisten als schwierig. In diesem Zusammenhang wurde neben der Überprüfung auf Vollständigkeit auch die Bereitstellung der fehlenden Materialien genannt. 60 % aller Befragten verorteten eine Herausforderung in der Betreuung der Lernenden beim Arbeiten mit den Experimentierboxen, da sie Fragen zu einer Vielzahl unterschiedlicher Experimente beantworten und Experimentier- und Sicherungsphase moderieren müssten.

Frage 18:

Auf die Frage, welche Aspekte besonders gefallen hatten, lobten 40 % der Befragten die Experimente in Bezug auf Vielfalt und Alltagsnähe. Positiv aufgefallen war 13 % von ihnen der wertschätzende Aspekt durch die zwingende Bearbeitung eines Experiments in Einzelarbeit. 33 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer erwähnten die Bereitstellung der meisten Materialien. Mit rund 67 % wurden am häufigsten die differenzierenden Aspekte als positiv hervorgehoben.

Frage 19:

Die Verbesserungsvorschläge bezogen sich hauptsächlich auf die Gestaltung der Experimentieranleitungen sowie die Organisation der Boxen. Bei den Anleitungen wurde angemerkt, wichtige Begriffe und Operatoren fett zu drucken und gegebenenfalls zu erklären. Insgesamt nannten 20 % der Befragten, dass die Texte vereinfacht und verkürzt werden sollten. Zu den Experimentierkisten wurde angemerkt, dass die Materialien geordnet werden sollten und farbliche Markierungen auf den Materialien die Zuordnung zu einem Experiment vereinfachen würde.

4.4. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

An der Lehrerumfrage nahmen Lehrkräfte aus Gymnasien, Förderschulen, Kooperativen Gesamtschulen und Integrierten Gesamtschulen teil. Obwohl keine reinen Haupt- bzw. Realschulen zur Stichprobe gehörten, konnten diese durch die Lehrkräfte der Kooperativen Gesamtschulen vertreten werden, da diese auch in den Haupt- und Realschulzweigen unterrichteten.

Die vertretenen Schulklassen sind wider Erwarten zwischen Klasse vier und 13 weit gestreut. Hauptsächlich unterrichten die Teilnehmenden jedoch in Unter- und Mittelstufe, also zwischen der fünften und zehnten Klasse. Diese Klassenstufen sind die Zielgruppe des Einsatzes der Experimentierboxen, weshalb repräsentative Ergebnisse erwartet werden können.

Für das Fach Chemie gab es nur zwei Lehrpersonen. Die meisten Lehrkräfte gab es in Biologie mit neun und Physik mit sieben. Für NaWi oder MINT waren es sechs Lehrpersonen. Aufgrund der Verortung dieser Arbeit in der Physikdidaktik, bot sich eine genauere Diskussion und Interpretation der erhobenen Daten auf Grundlage der Vorgaben des Landes Hessen für das Fach Physik an. Wie bereits erläutert (s. 2.2.6 Vorgaben des hessischen Bildungsplans zum Experimentieren) ähneln sich die curricularen Vorgaben der naturwissenschaftlichen Fächer

stark innerhalb einer Schulform (Hessisches Kultusministerium, 2024). Auch deshalb bietet es sich an, die interpretierende Betrachtung der Ergebnisse auf ein Fach zu beschränken.

Die mit 15 gültig ausgefüllten Fragebögen sehr kleine Stichprobe kann keine abschließenden und allgemein zutreffenden Antworten zu den Forschungsfragen geben, sondern lediglich Trends anzeigen. Weitere Erhebungen konnten aufgrund des geringen Zeitrahmens nicht durchgeführt werden. Die Teilnahme von mindestens zwei Lehrerinnen und Lehrern jeder Schulform erzielte dennoch ausreichend aussagekräftige Ergebnisse, die einen Vergleich zwischen den Schulformen erlaubten. Dies ist vor allem deshalb interessant, weil sich die Kerncurricula und Lehrpläne der verschiedenen Bildungsgänge im Blick auf Experimentieren im Schulunterricht unterscheiden. Der deutlichste Unterschied besteht dabei hinsichtlich der curricularen Vorgaben zwischen Förderschulen und Gymnasien:

Bei ersterer werden Experimente lediglich eingesetzt, um einfache, die Theorie unterstützende Phänomene für Schülerinnen und Schüler erfahrbar und damit verständlicher zu machen (Hessisches Kultusministerium, 2009). Das bedeutet, dass der Einsatz darauf abzielen soll, die in Theorieteilern behandelten Themen zu visualisieren und praktisch anzuwenden. Unabdingbar ist die Adaption der Experimente inklusive der Fragestellungen auf das Kompetenzniveau der Lernenden (ebd.)

Im gymnasialen Naturwissenschaftsunterricht sind Schülerexperimente explizit als Unterrichtsbestandteil genannt, für den sogar zeitliche Rahmenbedingungen geschaffen werden (Hessisches Kultusministerium, 2021). Eine fundierte und vertiefende, möglichst breit angelegte Bildung in den Naturwissenschaften ist oberstes Ziel. Dieses soll erreicht werden durch handlungsorientierte Schülerexperimente und eine intensive Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden theoretischen Gesetzen (ebd.). Experimente dienen in dieser Schulform nicht nur zur Veranschaulichung beobachtbarer, einfacher Phänomene, sondern sind der Zugang zu komplexen, teilweise nicht zu beobachtenden Gesetzmäßigkeiten und Vorgängen, mit denen sich Schülerinnen und Schüler aktiv, praktisch und kognitiv auseinandersetzen (ebd.).

Zwischen den Anforderungsniveaus von Förderschulen und Gymnasien siedeln sich die Vorgaben für den Einsatz von Experimenten im Naturwissenschaftsunterricht von Kooperativen und Integrierten Gesamtschulen, sowie von Haupt- und Realschulen, die durch die Gesamtschulen in dieser Studie repräsentiert werden, an. Die Phänomene, die experimentell erforscht werden sollen, werden etwas komplexer, aber erfordern kein tiefgehendes naturwissenschaftliches Verständnis, wie es in Gymnasien der Fall ist. Ziel ist die Heranführung an Denk- und Arbeitsweisen von Naturwissenschaften und deren kritische Hinterfragung. Es werden für Schülerexperimente keine Zeiträume durch Anpassung der zu behandelten Themen geschaffen, wie in Gymnasien (Hessisches Kultusministerium, 2021).

Welche Auswirkungen das auf den unterrichtlichen Einsatz von Schülerexperimenten hat, konnte an Frage 6 a und b festgestellt werden. Von sechs Lehrkräften, die angaben, mehr als viermal pro Schuljahr Schülerexperimente in den Unterricht zu integrieren, waren vier Gymnasiallehrer. Dies deckt sich mit den Erwartungen, die sich auf Grundlage der curricularen Gegebenheiten einstellen. Überraschend war, dass die übrigen zwei teilnehmende Lehrpersonen einer Förderschule und einer Integrierten Gesamtschule sind. Ein Blick auf Item 4 a und b gibt eine mögliche Lösung dafür. Die Lehrkraft der Integrierten Gesamtschule gab an, dass in ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht lediglich ein bis zwei Lernende mit speziellem Förderbedarf sind, die teilweise eine Begleitperson haben. Einfacher Mathematik zufolge sollte ein förderungsbedürftiges Kind eine Person zur Schulbegleitung besitzen, die im Schulunterricht auf die Bedürfnisse eingehen kann. Ungeklärt bleibt, ob es zusätzlich eine Schülerin oder einen Schüler gibt, der somit auf die Unterstützung des Lehrenden angewiesen ist. Selbst wenn dies der Fall ist, ist die Herausforderung für die Lehrkraft als machbar einzustufen. Interessant ist auch, dass der oder die Teilnehmende angab, nur zwei Klassenstufen, nämlich Klasse fünf und sechs, in Biologie und MINT zu unterrichten. Dies könnte auch ein wichtiger Faktor sein, der die Anzahl der im Unterricht eingebauten Schülerexperimente positiv beeinflusst, da sich die Unterrichtsvor- und Nachbereitung auf lediglich zwei Klassenstufen beschränkt.

Die Förderschullehrkraft, die mehr als vier Schülerexperimente in ihren Unterricht einbaute, gab bei Frage 4 a und b an, dass sie ebenfalls ein bis zwei Schülerinnen und Schüler mit speziellen Förderbedarf in ihrer Klasse hat, die alle eine Schulbegleitung haben. Außerdem unterrichtet sie nur die siebte Klassenstufe in Biologie und NaWi. Wie auch bei der Lehrkraft der Integrierten Gesamtschule könnten die Betreuungssituation der Schülerinnen und Schüler und die Beschränkung auf in diesem Fall nur eine Klassenstufe einen Einbau von Schülerexperimenten im Naturwissenschaftsunterricht begünstigen.

Die Vermutung, dass Aspekte wie die Anzahl speziell förderungsbedürftiger Schülerinnen und Schüler, die Verfügbarkeit von Schulbegleitpersonen und die Schulart mit dem Einsatz von Schülerexperimenten im Unterricht korreliert, bestätigt sich zunehmend durch das in Betracht nehmend zweier weiterer Teilnehmenden, die angaben, weniger als zwei Schülerexperimente im Schuljahr durchzuführen. Im einen Fall handelt es sich um eine Förderschullehrkraft in Biologie der Klassenstufen vier bis sechs mit als vier Lernenden, die einen speziellem Förderbedarf haben und denen nur teilweise Begleitpersonen zur Verfügung stehen. Beim zweiten Fall handelt es sich um eine Physik- und NaWi-Lehrperson einer Kooperativen Gesamtschule, die die Klassenstufen fünf bis zehn unterrichtet. Auch bei dieser sind mehr als vier förderbedürftige Lernende, jedoch ist keiner von ihnen eine Schulbegleitung zugeordnet. Der vermutete Zusammenhang der oben genannten Faktoren wird auch durch die Beantwortung des Items 8

a und b gestützt. Auf die Frage, ob die Lehrerinnen und Lehrer mehr Schülerexperimente in den Unterricht integrieren würden, wenn ihnen dafür die Experimentierkisten zur Verfügung stehen, antworteten beide mit „Ja“. Sie begründeten dies beide durch die Reduzierung der Vorbereitungszeit durch die bereitgestellten, bereits differenzierten und niederschweligen Arbeitsmaterialien, die die Experimentierboxen bieten. Damit erläutern sie einen weiteren Aspekt, der die Häufigkeit von Schülerexperimenten zu beeinflussen scheint: die Heterogenität der Lernenden einer Klasse und die damit verbundene Aufgabe der Lehrenden, die im Unterricht eingesetzten Arbeitsmaterialien und -methoden zu differenzieren. Vor dem Hintergrund der curricularen Vorgaben für den Naturwissenschaftsunterricht an Förderschulen, der einfordert, dass eine adressatengerechte Anpassung der im Unterricht behandelten Themen und Methoden erfolgt (Hessisches Kultusministerium, 2009), ist es nicht verwunderlich, dass die Förderschullehrkraft mit einer Verdopplung des Zeitaufwandes von zwei Stunden ohne, zu vier Stunden mit Schülerexperiment für die Vor- und Nachbereitung daherkommt. Auch bei der Lehrkraft der Kooperativen Gesamtschule ist diese Vor- und Nachbereitungszeit von eineinhalb Stunden auf drei Stunden um den Faktor zwei erhöht. An dieser Stelle wäre es interessant gewesen, die Arbeitserfahrung abzufragen, indem eine Angabe zu der Zeit in Monaten oder Jahren, in der die Teilnehmerinnen und Teilnehmer schon als Lehrkräfte arbeiten, gefordert wird. Dies würde weitere Aufschlüsse geben, ob der Zeitaufwand in Verbindung mit der Heterogenität steht. Die erhobenen Daten hierzu lassen es zumindest vermuten.

In den Lehrplänen aller in die Stichprobe fallenden Schulformen werden Schülerexperimente explizit als Erkenntnisgewinnungsmethode bezeichnet, die im naturwissenschaftlichen Unterricht zum Einsatz kommen soll. Von Interesse war deshalb der Vergleich, ob und wie häufig Demonstrationsexperimente im Vergleich zu Schülerexperimenten eingesetzt werden. Während sich die Lehrkräfte einheitlich dazu bekannten, Schülerexperimente in den Unterricht zu integrieren, gab es drei Lehrkräfte, die auf Demonstrationsexperimente verzichteten. Die Gründe hierfür wurden nicht erfasst und entsprechen auch nicht dem Interessenbereich der vorliegenden Arbeit. Deutlich interessanter ist es, einen Blick auf die Gewichtung von Demonstrations- und Schülerexperimenten zu legen. Die Teilnehmenden, die angaben, in ihrem Naturwissenschaftsunterricht Experimente zu demonstrieren, gaben zu 75 % an, dass sie dies häufiger als vier Mal pro Schuljahr tun. Die restlichen 25 % bewegten sich im Bereich zwischen zwei und vier Mal innerhalb eines Schuljahres. Bei genauerer Analyse der Fragebögen, auf denen Demonstrationsexperimente über vier Mal durchgeführt werden, fällt auf, dass im Vergleich dazu Schülerexperimente mit einer Ausnahme von drei Teilnehmenden grundsätzlich seltener durchgeführt werden. Die meisten unter ihnen gaben eine Häufigkeit von zwei bis viermal an, eine Person nur von ein bis zweimal. Eine genauere Betrachtung der Ausnahmefälle zeigt, dass die Lehrerinnen und Lehrer Schülerexperimente genauso wie Demonstrationsexperimente mehr als viermal pro Schuljahr durchführen.

Um eine Erklärung für die Abweichung der Häufigkeit von den übrigen 75 % der Lehrkräfte zu finden, wurden die bereits vermuteten Einflussfaktoren, also die Anzahl der Kinder mit Förderbedarf und die dafür verfügbaren Schulbegleitungen, angeschaut.

Ausnahmefall eins war eine Förderschullehrkraft, die Lernende mit speziellem Förderbedarf unterrichtet, die alle eine Schulbegleiterin oder einen Schulbegleiter haben. Die Vorteile, die sich daraus ergeben, wurden bereits erläutert.

Die zweite Ausnahme ist eine Gymnasiallehrkraft, die gar keine förderbedürftigen Schülerinnen und Schüler in ihren Klassen hat. Somit fallen zeit- und arbeitsaufwändige Differenzierungsmaßnahmen bei der Vorbereitung von Unterrichtseinheiten weg.

Für den dritten Ausnahmefall, bei dem angegeben wurde, dass bei mehr als vier Schülerinnen und Schülern mit speziellem Förderbedarf, von denen niemand eine Schulbegleitung besitzt, trotzdem über vier Schülerexperimente in den Unterricht eingebaut werden, gibt es keine direkte Erklärung durch die Erhebungsdaten, die aus dem Fragebogen hervorgehen. Ein möglicher Lösungsansatz liegt in der Schulform, in der die Lehrkraft unterrichtet. In Gymnasien sind Schülerexperimente ein expliziter Bestandteil des Lehrplans und sollten deshalb im Unterricht durchgeführt werden (Hessisches Kultusministerium, 2021). Hier wäre ein anschließendes Interview, teilweise auf Kosten der Anonymität, mit der betreffenden Lehrperson von Vorteil gewesen, um die genauen Hintergründe zu erschließen.

Zusammenfassend bestätigen die Ausnahmen die bereits festgestellten Korrelation zwischen den Faktoren „Anzahl der Schülerinnen und Schüler mit speziellem Förderbedarf“ in Verbindung mit der „Verfügbarkeit einer Schulbegleitung“ und „Häufigkeit des Einsatzes von Schülerexperimenten im Unterricht“.

Zum direkten Vergleich wurden die Items 5 b und 6 b in Kombination angeschaut. Es wurden für jeden Fragebogen die Angaben zur Häufigkeit der zwei Experimentierformen notiert und gegenübergestellt. Für die drei Teilnehmenden, die angaben, dass sie keine Demonstrationsexperimente einsetzen, wurde festgelegt, dass dies gleichbedeutend mit einem häufigeren Einsatz von Schülerexperimenten ist.

Die Ergebnisse des Vergleichs werden in folgendem Diagramm festgehalten:

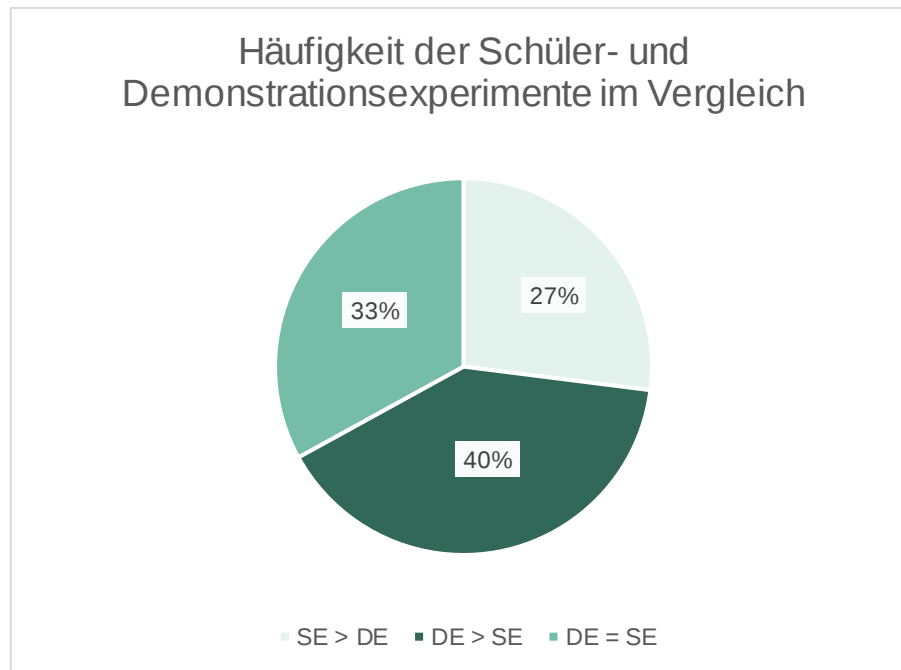


Diagramm 12: Häufigkeit der Experimentierarten im Vergleich

Die Abkürzung „SE > DE“ steht für „Schülerexperimente häufiger eingesetzt als Demonstrationsexperimente“, „DE > SE“ für „Demonstrationsexperimente häufiger eingesetzt als Schülerexperimente“ und „DE = SE“ für „Schülerexperimente genauso häufig eingesetzt wie Demonstrationsexperimente“.

Die Erkenntnis, dass 40 % der Lehrkräfte häufiger Demonstrationsexperimente als Schülerexperimente einsetzen, deckt sich mit den Erwartungen vor der Datenerhebung. Mit 33 % werden genauso viele Schüler- wie Demonstrationsexperimente im Unterricht durchgeführt. Nur 26 % der Befragten führten mehr Schülerexperimente durch. Obwohl die Ergebnisse erwartungsgemäß waren, werfen sie einen Schatten auf die im ersten Moment erfreuliche Tatsache, dass 100 % aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer Schülerexperimente im Unterricht durchführen. Die lernförderlichen Effekte, die das forschend-lernende Experimentieren auf Schülerinnen und Schüler hat (s. 2.2.3 Das Konzept des forschend-lernenden Experimentierens (*Inquiry-Based Learning*) zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung), sind den Lehrkräften zumindest zu Teilen bekannt. Dies lässt sich mit Blick auf die Frage 7 a feststellen, die die Begründung für den Einsatz von Schülerexperimenten erfragt. Die erwähnten Aspekte, am häufigsten Motivation, gefolgt von der Aneignung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen im Sinne eines Erkenntnisgewinnungsprozesses, sowie die Förderung von persönlicher, sozialer und Lernkompetenz, finden sich auch im Konzept des *Inquiry Based Learning* (Kremer et al., 2019; Mayer & Ziemek, 2006) im Sinne des konstruktivistischen Wissenserwerbs (Reich, 2008; Fürstenau, 2019) wieder. Deshalb stellt sich die Frage, warum entweder gleich viele Schüler- und Demonstrationsexperimente durchgeführt oder sogar zu einem Großteil mehr Demonstrationsexperimente angewandt werden.

Die Ergebnisse der neunten Frage des Fragebogens verdeutlichen zusätzlich den zeitlichen und Arbeitsaufwand, den Lehrerinnen und Lehrer leisten müssen, wenn es um den Einsatz von Experimenten geht. Nur 13 % der Befragten berichten von Fachpersonal in der Schule, das bei experimentellen Vorhaben unterstützen kann. Das bedeutet, dass sie entweder auf sich allein gestellt oder auf die Hilfe von Kolleginnen und Kollegen angewiesen sind, wenn es um Unterstützung bei der Vor- und Nachbereitung von Experimenten geht.

Um genauere Erkenntnisse über den Aufwand, den Lehrkräfte für das selbstständige Experimentieren von Schülerinnen und Schülern betreiben müssen, zu gewinnen, wurde der Zeitaspekt in Betracht genommen. Insbesondere wurde die zusätzliche Zeit, die die Lehrkräfte im Gegensatz zum Unterricht ohne Schülerexperiment in die Vor- und Nachbereitung einer Doppelstunde mit Schülerexperiment investieren müssen, analysiert. Es war klar zu erkennen, dass sich der Zeitaufwand deutlich erhöht, konkret im Durchschnitt um über 37 Minuten. Im direkten Vergleich dazu beträgt die Zeit, die die Lehrenden im Mittel für die Vor- und Nachbereitung ohne Schülerexperiment aufbringen müssen, etwa 57 Minuten. Das heißt, Lehrkräfte müssen mehr als 60 % mehr Zeit in die Vor- und Nachbereitung stecken, wenn sie Schülerexperimente in den Unterricht einbinden möchten. Anbetracht dessen, dass diese Aufgabe nur eine von vielen weiteren ist, die Lehrerinnen und Lehrer zu bewältigen haben, ist dies ein Kriterium, das eine Entscheidung gegen das Experimentieren der Schülerinnen und Schüler begünstigen kann.

Bei der Auswertung der Erhebungsdaten fiel auf, dass angebracht wäre, an dieser Stelle die Berufserfahrung in Jahren oder Monaten zu erfragen. Dieser Aspekt kann deshalb eine Rolle spielen, weil mit den Berufsjahren eine gewisse Sammlung an Unterrichtsmaterial, das schon einmal erprobt wurde, vorhanden ist und somit eine Zeitersparnis bietet.

Der Aspekt des deutlich höheren Arbeits- und Zeitaufwandes für das Integrieren von Schülerexperimenten in den Naturwissenschaftsunterricht scheint wie erwartet einen großen Einfluss auf die Entscheidung für oder gegen solche Experimente zu haben.

In Item 8 a und 8 b wurden die Teilnehmenden gefragt, ob und inwiefern Experimentierkisten einen vermehrten Einsatz schüleraktiver Experimente begünstigt. Alle 15 Teilnehmenden stimmten dem zu und nannten vor allem die Zeit- und Aufwandsersparnis, die der Einsatz der Boxen zur Folge hat. Ein häufig genannter Aspekt in Verbindung mit der zeitlichen Entlastung ist die wegfallende Differenzierungsarbeit.

In Frage 12 a und b wurde speziell dieser Zeitaspekt in Verbindung mit den Forscherboxen gebracht. Mit über 93 % sah die eindeutige Mehrheit der Befragten das Potential der Boxen hinsichtlich der Entlastung durch die Bereitstellung der meisten Materialien, Anleitungen und Arbeitsblätter und vor allem durch die Differenzierungsaspekte, die bereits im vorliegenden

Material umgesetzt wurden. Die aufgeführten positiven Aspekte werden von den Befragten zusätzlich in Frage 18 aufgegriffen. Besonders gefällt ihnen laut Auswertung der Erhebungsdaten neben den genannten Differenzierungen auch die Bereitstellung des Materials und der vielfältige alltagsbezogene Kontext, in den die Experimente eingebettet sind.

Diese Erkenntnisse entsprechen nicht nur den Erwartungen, sondern stützen zusätzlich die herausgebildete These des negativen Einflusses von zunehmender Heterogenität in Bezug auf Lernende mit und ohne Förderbedarf und die damit verbundene Notwendigkeit der Differenzierung auf den Einsatz von Schülerexperimenten.

Lehrerinnen und Lehrer haben zusätzlich zum Arbeitsaufwand bei der Vor- und Nachbereitung entsprechender Unterrichtsstunden auch die Aufgabe, die Schülerexperimente zu betreuen. Item 13 a und b stellten deshalb die Rolle der Lehrkraft bei der Betreuung der Experimente in den Fokus. 80% der Befragten empfanden die Forscherboxen als gutes Mittel, um zunehmend die Rolle des Lernbegleiters im Hintergrund einzunehmen und die Handlungen der Schülerinnen und Schüler in den Vordergrund zu stellen. Durch die selbstständige Schülerarbeit erhalten die Lehrerinnen und Lehrer Kapazitäten, um im Bedarfsfall zusätzliche persönliche Unterstützung anzubieten. Im derzeitigen Unterricht, die die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie halten, scheint dafür wenig bis keine Zeit zu sein. Diese Annahme rührt daher, dass 33 % der Befragten diesen Punkt als positiv bei diesem Item anmerkten und sogar 47 % bei der Frage nach den Chancen für Lehrkräfte in Item 15. Aktuelle Forschungsergebnisse legen offen, dass eine gute Strukturierung und Differenzierung der im Unterricht verwendeten Materialien den Schulunterricht vereinfachen und so Freiräume schaffen, in denen die Lehrenden Zeit für die individuelle Betreuung Lernender haben (Dykstra Steinbrenner & Watson, 2015).

Zusätzlich zu den Auswirkungen der Experimentierkisten auf die Rolle der Lehrerinnen und Lehrer und dem geringeren Arbeits- und Zeitaufwand, wurden bei den Chancen für Lehrende auch unterstützende Elemente für den NaWi- oder MINT-Unterricht hervorgehoben. Diese beiden Fächer und deren komplexe Inhalte, die die Naturwissenschaften Biologie, Physik und Chemie in sich vereinen, stellen für Lehrkräfte eine große Herausforderung dar. Eine empirische Studie von Schmid, Wang und Mcknight (2005) konnte zeigen, dass die meisten unter ihnen ein, in manchen Fällen auch zwei naturwissenschaftliche Fächer studiert haben. In den übrigen Fächern besitzen sie keine ausreichenden Qualifikationen und unterrichten sie fachfremd (Schmidt et al., 2005). Das Lehramtsstudium beinhaltet aktuell keine ansatzweise ausreichenden Konzipierungen, die angehenden Lehrerinnen und Lehrern ein grundlegendes fächerübergreifendes Wissen vermitteln. Dennoch wird erwartet, dass sie im NaWi- oder MINT-Unterricht die drei Naturwissenschaften bei der Betrachtung von Phänomenen fachlich korrekt einbeziehen (Neumann & Kimmerle, 2018). Die Folgen sind Unsicherheiten bei der Unterrichtsdurchführung, mangelnde Unterrichtsqualität (Schmidt et al., 2008). Die Teilnehmenden

berichten, dass die Forscherboxen gute Ideen und Gestaltungsmöglichkeiten für den Unterricht bieten, wodurch die Hemmungen vor den Fächern verringert werden. Der geringere Aufwand für die Vor- und Nachbereitung schließt auch mit ein, dass die Lehrkräfte bei der Nutzung der Boxen sich nicht mehr darum kümmern müssen, möglichst viele der drei Fächer in den Unterricht einzubeziehen. Diesen Themenbereich weiter auszuführen, würde den Rahmen dieser wissenschaftlichen Hausarbeit sprengen und wird deshalb auf die genannten wesentlichen Aspekte, die für die empirische Erhebung relevant sind, reduziert.

Neben den positiven Effekten, die die Experimentierkisten mit sich bringen, sehen die befragten Lehrerinnen und Lehrer auch Schwierigkeiten. Vor allen Dingen stellt die Organisation eines langfristigen Lagerplatzes für die Teilnehmenden ein Problem dar.

Interessanter als die Lagerung sind für diese Erörterung jedoch zwei weitere häufig genannte Punkte. Der erste betrifft die Betreuung vieler unterschiedlicher Experimente gleichzeitig und die Moderation einer Sicherungsphase, die mit einer gewissen Überforderung einherzugehen scheint. An dieser Stelle sei auf das Konzept der Forscherboxen verwiesen: Die Boxen sind so konzipiert, dass Schülerinnen und Schüler selbstständig und selbstorganisiert Experimente durchführen und sich im Bedarfsfall Hilfe durch verschiedene Differenzierungsmaßnahmen holen können. Die Lehrkraft dient als Lernbegleiter und „letzter Notanker“, wenn auch die bereitgestellten Hilfen nicht zu einem Ergebnis führen. Zur Vorbereitung bekommen Lehrende eine Beschreibung der Versuche und die wesentlichen Punkte, auf denen die zu bearbeitenden Phänomene beruhen. Diese Informationen reichen aus, um Lernenden zielführende Hilfestellungen bieten zu können, ohne sich tiefergehendes Wissen zusätzlich aneignen zu müssen. Auch die Sicherungsphase wird durch die Erstellung der Gruppenplakate ausgetauscht. Es bietet sich im folgenden Unterricht an, in Form von kurzen Schülerpräsentationen die anderen Schülerinnen und Schüler über das Erlernte in Kenntnis zu setzen.

Der zweite Punkt ist die Integration der Experimentierkisten in den Unterricht. Die Befragten meldeten zurück, dass der unterrichtliche Zeitrahmen und die Vorgaben im Lehrplan so knapp sind, dass kaum Zeit für den Einsatz der Kisten bleibt. Diese Beobachtung deckt sich mit den Feststellungen von Hollenbach-Biele und Klemm (2020): Zeitlich streng getaktete Schulcurricula und unbefriedigende Rahmenbedingungen erschweren den Einsatz naturwissenschaftlicher Experimente. Bei genauerer Betrachtung der fünf Fragebögen, auf denen dieser Aspekt genannt wurde, wird klar, dass es sich dabei um vier Lehrkräfte Kooperativer Gesamtschulen und eine Förderschullehrkraft handelt. Im Lehrplan der Förderschulen sind anders als bei Gymnasien keine zeitlichen Freiräume für Schülerexperimente verortet (Hessisches Kultusministerium, 2009). Kooperative Gesamtschulen haben dasselbe Problem, sofern es um die Haupt- und Realschulzweige geht (Hessisches Kultusministerium, 2021). Die Anmerkungen der Lehrkräfte sind unter diesen Gesichtspunkten als durchaus ernstzunehmend einzustufen.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sehen im Einsatz der Experimentierkisten Chancen für die Lernenden in Bereichen, die sich mit den Begründungen, weshalb sie Schülerexperimente in ihren Unterricht integrieren, decken. Am häufigsten genannt wurden die Motivation und das Wecken des Interesses der Kinder für Naturwissenschaften. In direkter Verbindung dazu wird das forschende Erlernen naturwissenschaftlicher Phänomene und Denk- und Arbeitsweisen als positiver Effekt auf Schülerinnen und Schüler genannt. Genauso wichtig wie die fachlichen Kompetenzen, sind den Befragten offenbar die Entwicklungschancen, die die Lernenden in Bezug auf ihre personalen und sozialen Kompetenzen durch die Arbeit mit den Boxen erlangen. Ein Blick auf die Anforderungen der Lehrpläne der unterschiedlichen Schulformen zeigt, dass die Forscherboxen einen großen Teil der in den Bildungsstandards der Fächer Biologie, Physik und Chemie niedergeschriebenen Kompetenzanforderungen abdecken (Hessisches Kultusministerium, 2024). Dies wiederum ist eine weitere Entlastung der Lehrenden im Kontext des Lehrens der geforderten Kompetenz

Die größte Schwierigkeit der Lernenden sahen die Lehrpersonen neben der Überforderung vor allem durch unbekannte Materialien im Verstehen der Anleitung und der damit verbundenen korrekten Durchführung der Experimente. Dieser mit einer Quote von 60 % sehr häufig erwähnte Aspekt wird auch in den Verbesserungsvorschlägen in Frage 19 aufgegriffen. Das ist deshalb verwunderlich, weil die Experimentierboxen sehr niederschwellige Anleitungen mit unterschiedlichen Differenzierungsmethoden anbieten, die eine möglichst gute Durchführbarkeit generieren sollen. Denkbar wäre es, dass die Lehrkräfte sich nicht ausreichend mit den zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln und Versuchsanleitungen auseinandergesetzt haben. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Aussagen auf der bisherigen Erfahrung, die sie im Unterricht gemacht haben, beruhen. Wie bereits erörtert, scheint eine individuelle Betreuung aus zeitlichen Gründen während des Experimentierens im aktuellen Unterricht nicht oder kaum möglich zu sein. Um vom Konzept und der Funktionalität der Boxen überzeugt zu sein, bedarf es höchstwahrscheinlich einer mehrfachen Erprobung, die in der kurzen Zeit nicht möglich war. Genaue Ursachen lassen sich durch die Antworten der Lehrkräfte jedoch nicht ablesen und hätten lediglich in einem Interview erfragt werden können.

Kritische Aspekte, die die kontinuierliche Optimierung der Experimentierkisten voranbringen, sind die Idee, Operatoren fett zu drucken, um sie für Schülerinnen und Schüler direkt ersichtlich zu machen und die weitere Organisation des Materials innerhalb der Boxen. Inwieweit diese umgesetzt werden können, soll jedoch nicht Gegenstand dieser Analyse sein.

4.5. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich Folgendes festhalten:

Die Antworten auf die Fragen, mit denen der Fragebogen entworfen wurde, konnten in zufriedenstellendem Maße dargestellt werden. Zu erwarten, jedoch auch etwas erschreckend, war die Tatsache, dass häufiger Demonstrationsexperimente im Unterricht eingesetzt werden als Schülerexperimente. Vor dem Hintergrund, dass den Lehrkräften die Vorteile des selbstständigen Experimentierens für die Lernenden klar sind, da sie diese in der Begründung für den Einsatz von Schülerexperimenten erläutert haben, erhärtete sich der Verdacht, dass es Aspekte gibt, die die Anzahl der eingesetzten, von den Schülerinnen und Schülern durchgeführten Experimente reduziert. Es kristallisierten sich ... Haupteinflussfaktoren für die Stichprobe heraus: die Heterogenität innerhalb der Schulklassen bzw. die damit verbundene Differenzierung, der zusätzliche Zeit- und Arbeitsaufwand für die Vor- und Nachbereitung der Unterrichtseinheiten mit Schülerexperimenten, die Rahmenbedingungen durch Curriculum und Lehrplan und gerade für die Kombinationsfächer NaWi und MINT das Problem der unzureichenden Expertise durch fachfremden Unterricht. Es konnten klare Tendenzen erkannt werden, die die Aussage, dass das Maß der Heterogenität bzw. die durch speziell förderbedürftige Kinder zunehmende detaillierte Differenzierung der Arbeitsmethoden und -Materialien reduzierend auf die Anzahl der im Naturwissenschaftsunterricht eingesetzten Schülerexperimente wirkt, bestätigt. In diesem Kontext ist auch aufgefallen, dass Lernende mit speziellem Förderbedarf nur zum Teil eine Schulbegleitung zugewiesen bekommen. Sie im Unterricht zu unterstützen, wird somit automatisch zur Aufgabe der Lehrkräfte.

Die inklusiven Experimentierkisten können auch nach Einschätzung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer die bestehenden Problematiken zumindest mildern. Sie wirken sich entlastend auf die Vor- und Nachbereitungszeit von Unterrichtsexperimenten aus, indem sie die größten Zeitaspekte, wie der Materialzusammensammlung, das Entwerfen von Versuchsanleitungen und Arbeitsblätter sowie die Differenzierung derer, eliminieren. Den wohl größten Vorteil haben jedoch Lehrkräfte der Fächer NaWi oder MINT. Die Experimentierboxen bilden eine Brücke zu fächerübergreifendem Unterricht, ohne, dass die Lehrerinnen und Lehrer sich zeitaufwendig zusätzliches Fachwissen in einem von ihnen nicht unterrichteten Fachbereich aneignen müssen. Dass der Trend hin zu dieser Fächerkombination aus Biologie, Physik und Chemie geht, zeigen auch die durch sechs Lehrkräfte, die unter den 15 Befragten angaben, NaWi bzw. MINT zu unterrichten. Welche Hürden dies in den Weg von Lehrerinnen und Lehrern stellt, wurde bereits ausführlich erörtert. Experimentierboxen scheinen ein gutes Mittel zu sein, um den NaWi- oder MINT-Unterricht interessanter und ansprechender zu gestalten und gleichzeitig die Hemmungen und Ängste vor fachfremdem Unterricht löst.

Nicht zu vergessen ist die durch die Experimentierkisten hervorgerufene Veränderung der Rolle der Lehrpersonen im Unterricht. Sie werden Lernbegleiter und treten hinter den Lernenden in den Hintergrund. So erhalten sie die Chance, auf individuelle Probleme einzugehen und als Lernhelfer den Lernprozess zu begleiten. Die Schülerinnen und Schüler können dadurch fachliche und überfachliche Kompetenzen erweitern und steuern selbstbestimmt ihren Lernweg im Rahmen des Konzepts „Lernen am gemeinsamen Gegenstand“ nach Feuser (2013).

Ich persönlich bin begeistert vom gesamten Projekt und kann schon jetzt sagen, dass ich die Forscherboxen definitiv im eigenen Unterricht einsetzen werde. Eine bessere und umfassendere Unterstützung als Lehrkraft bekommt man mit großer Sicherheit nicht.

Wie aktuell das forschend-entdeckende Lernen anhand von Experimenten ist, zeigen aktuelle Nachrichten zu einer Schule in Mannheim, das Ludwig-Frank-Gymnasium Mannheim. Dieses wurde im Jahr 2024 mit dem Titel „Jugend forscht Schule 2024“ von der Kultusministerkonferenz ausgezeichnet. Ziel des Gymnasiums ist es, das Fach MINT zu fördern und auszubauen. Die Schule stellt das fächerübergreifende Lernen anhand von Projekten ins Zentrum, um Schülerinnen und Schüler für die Natur, das Leben und alle damit zusammenhängenden Themen zu begeistern. Nähere Informationen sind auf den Seiten der Kultusministerkonferenz zu finden: <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/jugend-forscht-schule-2024-kommt-aus-mannheim.html> ,

Ich bin gespannt, ob sich die Experimentierkisten in Schulen aller Formen etablieren. Die Chancen dazu sehe ich sehr hoch. Und ich glaube, auf Grundlage der Rückmeldungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, würden diese mir damit zustimmen.

5. Literaturverzeichnis

- Aktion Mensch e.V. / Die Zeit (Hrsg.) (2019). *Schulische Inklusion. Untersuchung zu Einstellungen zu schulischer Inklusion und Wirkungen im Bildungsverlauf*. infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH.
- Baur, A., Baumgartner-Hirscher, N., Lehtinen, A., Neudecker, C., Nieminen, P., Papaevripidou, M., Rohrmann, S., Schiffli, I., Schuknecht, M., Virtbauer, L. & Xenofontos, N. (2022). *Differenzierung beim Inquiry-Based Learning im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Differenzierungstool für das Experimentieren im Sinne des Forschenden Lernens*. Beltz Juventa.
- Becker, K. & Hense, J. (2014). *Fächerübergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften*. Springer.
- Degener, Theresia (2015): Die UN-Behindertenrechtskonvention – ein neues Verständnis von Behinderung. In: Degener, Theresia; Diehl, Elke (Hrsg.). *Handbuch Behindertenrechtskonvention. Teilhabe als Menschenrecht – Inklusion als gesellschaftliche Aufgabe* (S. 55-74). Bundeszentrale für politische Bildung.
- Deutsche UNESCO-Kommission e.V. (Hrsg.) (2014). *Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik*. Deutsche UNESCO-Kommission.
- Donlic, J., Jaksche-Hoffmann, E. & Peterlini, H. K. (Hrsg.) (2019). Ist inklusive Schule möglich? Nationale und internationale Perspektiven. In J. Donlic, E. Jaksche-Hoffman, & H. K. Peterlini (Hrsg.), *Pädagogik*. transcript Verlag.
- Ellinger, S. & Böttinger, T. (Hrsg.) (2016). Bildungspolitische Meilensteine der schulischen Inklusion. In S. Ellinger & T. Böttinger. *Inklusion – Gesellschaftliche Leitidee und schulische Aufgabe* (S. 39-94). W. Kohlhammer GmbH.

- Feuser, G. (2013). Die „Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand“ – ein Entwicklung induzierendes Lernen. In G. Feuser & J. Kutscher (Hrsg.). *Entwicklung und Lernen (Band 7)* (S. 283 – 294). Kohlhammer.
- Feuser, G. (2018). Momente einer Ideengeschichte der Integration bzw. Inklusion im Feld der (Schul-)Pädagogik. In T. Sturm & M. Wagner-Willi (Hrsg.). *Handbuch schulische Inklusion* (S. 111-126). Verlag Barbara Budrich.
- Fürstenau, B. (2019). Entdeckendes Lernen (Discovery Learning). In B. Fürstenau (Hrsg.) (2019). *Lehr-Lern-Theorien. Behaviorismus, Kognitivismus, Konstruktivismus: Lernen und Expertise verstehen und fördern*. Band 6 (S.43 – 60). Schneider.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). *Gute Aufgaben Sachunterricht. Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen*. Cornelsen.
- Hollenbach-Biele, N. & Klemm, K. (2020). *Inklusive Bildung zwischen Licht und Schatten: Eine Bilanz nach zehn Jahren inklusiven Unterrichts*. Bertelsmann Stiftung.
- Köster H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren: eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. In *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Band 55. Logos-Verlag.
- Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019). Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (2019): *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 113 – 128). Springer.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Auflage, Studienausgabe). Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. In *Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe*. Band 30 (S. 4 – 12). Friedrich.

-
- Moser, V. & Demmer-Dieckmann, I. (2012). Professionalisierung und Ausbildung von Lehrkräften für inklusive Schulen. In V. Moser (Hrsg.) *Die inklusive Schule – Standards für die Umsetzung* (S. 153-174). W. Kohlhammer Verlag.
- NETZWERK ARTIKEL 3 e.V. (Hrsg.) (2018). *Schattenübersetzung. Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Behindertenrechtskonvention – BRK*. Oktoberdruck Verlag.
- Neumann, K., & Kimmerle, J. (2018). *Lehramtsausbildung im MINT-Bereich: Ein Überblick über aktuelle Forschung und praxisorientierte Ansätze*. Springer Verlag.
- Quante, A. (2021). Inklusion verstehen – Grundbegriffe. In A. Rank, A. Frey & Meike Munser-Kiefer (Hrsg.). *Professionalisierung für ein inklusives Schulsystem* (S. 17-42). Julius Klinkhardt Verlag.
- Reich, K. (2008). *Konstruktivistische Didaktik*. Beltz.
- Renkl, A. (2009). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie* (S. 3-26). Springer.
- Rey, J. (2021). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und eine Ausdifferenzierung experimenteller Prozesse. In: *Experimentieren und Begründen. Kölner Beiträge zur Didaktik der Mathematik* (S. 55–85).
- Rouse, P. (2012). *Fitness, Motorik und soziale Kompetenz für alle: Inklusion im Sportunterricht; Inklusion in der Praxis*. Verlag an der Ruhr.
- Schattenmann, E. (2014). Annäherungen an einen problematischen Begriff: „Definition“ von Inklusion. In E. Fischer (Hrsg.). *Inklusion und Bewusstseinsbildung – Die Notwendigkeit bewusstseinsbildender Maßnahmen zur Verwirklichung von Inklusion in Deutschland* (S. 25-39). ATHENA-Verlag.

- Schulz, A., Wirtz, M. & Starauschek, E. (2012). Das Experiment in den Naturwissenschaften. In W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (2012). *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 15–38). Waxmann.
- Seitz, S. & Simon, T. (2021). Inklusive Bildung und Fachdidaktik in Grundschulen: Erkenntnisse, Reflektionen und Perspektiven. In M. Götz, G. Breidenstein, M. Fölling-Albers, A. Hartinger, F. Heinzel, G. Kammermeyer & M. Vogt (Hrsg.) (2021). *Zeitschrift für Grundschulforschung*, Band 14 (S. 1 – 14). Springer
- Steffens, U., & Höfer D. (ca. 2016). Lernen nach Hattie: wie gelingt guter Unterricht? In *Pädagogik* (1. Auflage). Beltz.
- Stosic, P. & Diehm, I. (2019). Integration oder Inklusion? Ein Systematisierungsversuch der Debatte um die Beschulung von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund. In J. Donlic, E. Jaksche-Hofmann & H. Peterlini (Hrsg.). *Ist inklusive Schule möglich? Nationale und internationale Perspektiven* (S.21-40). transcript Verlag.
- Sturm, T. & Wagner-Willi, M. (2019). Herstellung und Bearbeitung von Leistungsdifferenzen im kooperativ gestalteten inklusiven Fachunterricht. In V. Moser & B. Lütje-Klose (Hrsg.) (2019). *Schulische Inklusion* (S. 75 – 89). (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 62). Beltz Juventa 2016.
- UNESCO. (1994). *Die Salamanca Erklärung und der Aktionsrahmen zur Pädagogik für besondere Bedürfnisse. Angenommen von der Weltkonferenz "Pädagogik für besondere Bedürfnisse: Zugang und Qualität" Salamanca, Spanien, 7.-10. Juni 1994.*
- Wiebel, K. H. (2000). „Laborieren“ als Weg zum Experimentieren im Sachunterricht. In *Die Grundschulzeitschrift*. Heft 139 (S. 44 – 47). Landesinstitut für Schule.

Wild, A., & Schmitt, V. (2012). Einleitung. In A. Wild & V. Schmitt (2012). *Biochemische und physiologische Versuche mit Pflanzen: für Studium und Unterricht im Fach Biologie* (S. 1 – 14). Spektrum Akademischer Verlag.

3.2.1.1.1 Internetquellen

Büttner, G., Warwas, J., Adl-Amini, K. (2012). Kooperatives Lernen und Peer Tutoring im inklusiven Unterricht. In: *Zeitschrift für Inklusion Nr. 1-2* (2012). https://www.pe-docs.de/volltexte/2012/5877/pdf/Buettner_Kooperatives_Lernen_und_Peer_Tutoring_Zeitschrift_fuer_Inklusion_D_A_.pdf (abgerufen am 23.01.2025).

CAST (2024). *Universal Design for Learning Guidelines version 3.0*. <https://udlguidelines.cast.org/> (abgerufen am 18.01.2025).

Deutsches Institut für Menschenrechte (o. J.). *Artikel 24 UN-BRK (Bildung)/Article 24 UN-CRPD (Education)*. <https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/menschenrechtsschutz/datenbanken/datenbank-fuer-menschenrechte-und-behinderung/detail/artikel-24-un-brk> (abgerufen am 02.12.2025).

Dykstra Steinbrenner, J. & Watson, L. (2015). *Student Engagement in the Classroom: The Impact of Classroom, Teacher, and Student Factors*. Journal of autism and developmental disorders. 45. https://www.researchgate.net/publication/273153608_Student_Engagement_in_the_Classroom_The_Impact_of_Classroom_Teacher_and_Student_Factors (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2009). *Lehrplan Naturwissenschaften – Biologie, Chemie/Physik – Schule für Lernhilfe – Mittelstufe (Jahrgangsstufen 5/6), Hauptstufe (Jahrgangsstufen 7 bis 9/10)*. <https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2021-06/g9-physik.pdf> (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2018). *Operatoren – Biologie, Chemie, Informatik, Mathematik und Physik*.

<https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/Auslandsschulwesen/Kerncurriculum/Auslandsschulwesen-Operatoren-Naturwissenschaften-02-2013.pdf> (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2021). *Lehrplan Physik – Bildungsgang Hauptschule – Jahrgangsstufen 5 bis 9/10*. <https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2021-06/lphauptphysik.pdf> (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2021). *Lehrplan Physik – Bildungsgang Realschule – Jahrgangsstufen 5 bis 10*. <https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2021-06/lprealphysik.pdf> (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2021). *Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang – Jahrgangsstufen 7 bis 13*. <https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2021-06/g9-physik.pdf> (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium. (Hrsg.) (2024). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder Das neue Kerncurriculum für Hessen – Sekundarstufe I – Gymnasium*. https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2024-02/kc_physik_uesekii_201102-uea.pdf (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium. (Hrsg.) (2024). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder Das neue Kerncurriculum für Hessen – Sekundarstufe I – Hauptschule*. https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2024-02/kc_physik_hsa_201102-uea.pdf (abgerufen am 20.01.2025).

Hessisches Kultusministerium. (Hrsg.) (2024). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder Das neue Kerncurriculum für Hessen – Sekundarstufe I – Realschule*. https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2024-02/kc_physik_msa_201102-uea.pdf (abgerufen am 20.01.2025).

Institut für Qualitätsentwicklung (IQ) (Hrsg.) (2011). *Leitfaden: Maßgebliche Orientierungstexte zum Kerncurriculum Sekundarstufe I*. https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2021-07/leitfaden_physik_sekundarstufe_i.pdf (abgerufen am 03.01.2025).

Klemm, K. (2021). *Zum aktuellen Stand der Inklusion in Deutschlands Schulen*. <https://www.fes.de/themenportal-bildung-arbeit-digitalisierung/bildung/artikelseite-bildungsblog/zum-aktuellen-stand-der-inklusion-in-deutschlands-schulen> (abgerufen am 08.12.2024).

Pons (o. J.). *Experimentum – Latein-Deutsche-Übersetzung*. <https://de.pons.com/%C3%BCbersetzung-2/latein-deutsch/experimentum> (abgerufen am 28.11.2024).

Schmidt, W. & Wang, H. & Mcknight, C. (2005). *Curriculum coherence: An examination of US mathematics and science content standards from an international perspective*. Journal of Curriculum Studies. 37. https://www.researchgate.net/publication/232875922_Curriculum_coherence_An_examination_of_US_mathematics_and_science_content_standards_from_an_international_perspective (abgerufen am 18.01.2025).

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020*. Wolters Kluwer. [2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf](#) (abgerufen am 18.01.2025).

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Naci Yavuz (fogbird). *Konfuzius Portrait im Einklang Art Illustration*. Abgerufen unter: <https://www.alamy.de/konfuzius-portrait-im-einklang-art-illustration-er-war-chinesischer-philosoph-wissenschaftler-und-lehrer-der-fruhling-und-herbst-periode-der-chinesischen-geschichte-image236233315.html?imageid=EA43DB91-1CA4-430A-859C-2AF827B2C3B0&p=798421&pn=1&searchId=7164fb3b5000961fd98414e2703e717c&searchtype=0> (abgerufen am 23.01.2025).

Abbildung 2: Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). *Gute Aufgaben Sachunterricht. Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen* (S. 15). Cornelsen.

Abbildung 3: Wilhelm, T. (Hrsg.) (o. J.). *Inklusives Schülerlabor Farben*.
https://www.thomas-wilhelm.net/Schuelerlabor_inklusiv.htm (abgerufen am 20.01.2025).

Abbildung 4: Fotografie von G. Pantiri. (Zugesendet am 24.01.2025)

7. Anhang

1) Lehrerfragebogen 1. Version

FRAGEBOGEN LEHRKRÄFTE

Ich unterrichte folgende Schulform:

☐ Hauptschule ☐ Realschule ☐ Förderschule ☐ Gymnasium

Ich unterrichte folgende Klassenstufen: _____

Ich unterrichte die Klassen in den Fächern/im Fach:

☐ Biologie ☐ Physik ☐ Chemie ☐ NaWi

Wie viele SuS mit speziellem Förderbedarf (ADS/ADHS, FSL, Autismus, DAZ, ...) unterrichten

Sie in den naturwissenschaftlichen Fächern:

☐ Keine ☐ 1 – 2 ☐ 2 – 4 ☐ > 4

Gibt es für diese SuS Schulbegleiter? ☐ Ja ☐ Nein

In meinen naturwissenschaftlichen Unterricht baue ich Schülerexperimente ein:

☐ Ja ☐ Nein

Wenn Ja, wie oft und warum?

Wenn Nein, warum nicht?

Würden Sie (öfter) Schülerexperimente in Ihren Unterricht einbauen, wenn Ihnen die Experimentierboxen zu verschiedenen Themenbereichen zur Verfügung stehen?

☐ Ja ☐ Nein

Begründen Sie Ihre Antwort:

Wie viel Zeit investieren Sie in die Vorbereitung einer Unterrichtsstunde (Doppelstunde, 90 min) ohne Schülerexperiment(e)?

_____ h _____ min

Wie viel Zeit investieren Sie in die Vorbereitung einer Unterrichtsstunde (Doppelstunde, 90 min) mit Schülerexperiment(e)?

_____ h _____ min

Wie würde sich der Einsatz der Experimentierboxen auf Ihre Vorbereitungszeit für Unterrichtsstunden auswirken?

☐ Positiv (weniger Zeitaufwand) ☐ Negativ (mehr Zeitaufwand) ☐ gar nicht

Begründen Sie Ihre Antwort:

Welche Chancen sehen Sie für die SuS beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Welche Chancen sehen Sie für Lehrkräfte beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Welche Schwierigkeiten sehen Sie für die SuS beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Welche Schwierigkeiten sehen Sie für die Lehrkräfte beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Was gefällt Ihnen besonders an den Experimentierkisten? Nennen Sie mindestens 3 Dinge.

Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie für die Experimentierkisten?

2) Lehrerfragebögen finale Version

Datum: _____

FRAGEBOGEN FÜR LEHRKRÄFTE - EXPERIMENTIERBOXEN

Ich unterrichte folgende Schulform:

- ☐ Hauptschule ☐ Realschule ☐ Förderschule ☐ Gymnasium
- ☐ KGS: ☒ Hauptschulzweig ☐ IGS
- ☐ Realschulzweig
- ☐ Gymnasialzweig
- ☐ Weiteres: _____

Ich unterrichte folgende Klassenstufen: _____

Ich unterrichte die Klassen in den Fächern/im Fach:

- ☐ Biologie ☐ Physik ☐ Chemie ☐ NaWi

Wie viele Schüler*innen mit speziellem Förderbedarf (ADS/ADHS, FSL, Autismus, DAZ, ...) unterrichten Sie in allen Ihren Klassen in den naturwissenschaftlichen Fächer insgesamt?

- ☐ Keine ☐ 1 – 2 ☐ 2 – 4 ☐ > 4

Gibt es für diese Schüler*innen Schulbegleiter*innen?

- ☐ Ja, teilweise ☐ Ja, für alle ☐ Nein

In meinen naturwissenschaftlichen Unterricht baue ich Demoexperimente der Lehrkraft ein:

- ☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, wie oft innerhalb eines Schuljahres?

- ☐ < 2 Mal ☐ 2 – 4 Mal ☐ > 4 Mal

In meinen naturwissenschaftlichen Unterricht baue ich Schülerexperimente ein:

- ☐ Ja ☐ Nein

Datum: _____

Wenn ja, wie oft innerhalb eines Schuljahres?

☐ < 2 Mal ☐ 2 – 4 Mal ☐ > 4 Mal

Wieso bauen Sie Schülerexperimente in Ihren Unterricht ein bzw. warum halten Sie diese für wichtig?

Wenn nein, warum nicht?

Würden Sie (öfter) Schülerexperimente in Ihren Unterricht einbauen, wenn Ihnen diese Art Experimentierboxen zu verschiedenen Themenbereichen zur Verfügung stehen?

☐ Ja ☐ Nein

Begründen Sie Ihre Antwort:

Gibt es an Ihrer Schule Fachpersonal (z. B. Leiter*innen für die naturwissenschaftliche Sammlung), das bei Experimenten im Unterricht unterstützen kann?

☐ Ja ☐ Nein

Wie viel Zeit investieren Sie in die Vorbereitung und Nachbereitung einer Unterrichtsstunde (Doppelstunde, 90 min) ohne Schülerexperiment(e)?

_____ h _____ min

Datum: _____

Wie viel Zeit investieren Sie in die Vorbereitung und Nachbereitung einer Unterrichtsstunde (Doppelstunde, 90 min) mit Schülerexperiment(en)?

_____ h _____ min

Wie würde sich der Einsatz der Experimentierboxen auf Ihre Vorbereitungs- und Nachbereitungszeit für Unterrichtsstunden auswirken?

☐ Positiv (weniger Zeitaufwand) ☐ Negativ (mehr Zeitaufwand) ☐ gar nicht

Begründen Sie Ihre Antwort:

Wie würde sich der Einsatz der Experimentierboxen auf Ihre Rolle bei der Betreuung der Schülerexperimente während der Unterrichtsstunden auswirken?

☐ Positiv (weniger aufwändig) ☐ Negativ (aufwändiger) ☐ gar nicht

Begründen Sie Ihre Antwort:

Welche Chancen sehen Sie für die Schüler*innen beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Datum: _____

Welche Chancen sehen Sie für Lehrkräfte beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Welche Schwierigkeiten sehen Sie für die Schüler*innen beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Welche Schwierigkeiten sehen Sie für die Lehrkräfte beim Einsatz der Experimentierboxen im Unterricht? Nennen Sie 3.

Was gefällt Ihnen besonders an den Experimentierkisten?

Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie in Bezug auf die Experimentierkisten?

Ich bedanke mich herzlich für Ihre Hilfe und wünsche Ihnen alles Gute,

Tabea Doll

3) Forscherbox 1: Beispielhafter Inhalt der Forscherbox

Einzelexperimente:

Saugkraft des Tintenfischs

Anleitung

Du brauchst:

- 6x verschiedene Holzbretter
- 1x 5 l Eimer
- DIN A4 (jedes Holzbrett ist anders beschichtet; Sand, Glas, Leder, Stoff, Tapete, blank)
- 1x Arbeitsblatt (Tabelle)
- 1x Stift
- 12x Saugnäpfe (durchsichtig)



Wichtige Infos

Die Saugnäpfe von Tintenfischen sind faszinierende Strukturen, die es ihnen ermöglichen, sich an verschiedenen Oberflächen festzuhalten und zu bewegen. Jeder Saugnäpf besteht aus einem muskulösen Becher, der mit einer Art Ventil ausgestattet ist, um den Unterdruck zu erzeugen, der benötigt wird, um sich festzusaugen. Die Anzahl der Saugnäpfe variiert je nach Art des Tintenfisches, aber sie sind in der Regel in Reihen entlang der Arme angeordnet. Tintenfische können die Saugnäpfe auch einzeln kontrollieren, um ihre Haftkraft anzupassen oder Beute zu greifen. Insgesamt sind die Saugnäpfe von Tintenfischen ein faszinierendes Beispiel für die Vielseitigkeit und Effizienz der Natur.

Achtung: Sei vorsichtig bei der Verwendung der Saugnäpfe an den Holzplatten. Da die Holzplatten bei zu viel Druck brechen können.

Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

Saugkraft des Tintenfischs

Anleitung

Teil 1.

1: Vorbereitung

1. Lege die 6 DIN A4 Holzplatten mit den verschiedenen Beschichtungen nebeneinander auf den Tisch.
2. Lege zu jeder Platte 2 Saugnäpfe.
3. Lege die dazugehörige Tabelle bereit (siehe Arbeitsblatt).

2: Durchführung

1. Drücke die Saugnäpfe vorsichtig an die verschiedenen Unterlagen.
2. Prüfe, ob sie haften bleiben. Fülle dazu die Tabelle aus. Beim Leder gibt es zwei Bereiche, gewölbt und glatt – teste beide!
3. Wenn sie haften bleiben, versuche die Platte hochzuheben.
4. Sobald du die Platte hochheben kannst, trage dies in die Tabelle ein.
5. Entferne die Saugnäpfe von der Platte.

TIPP: mit dem Fingernagel lassen sie sich gut ablösen, sodass die Holzplatten ganz bleiben.

Teil 2.

1: Vorbereitung

1. Fülle den Eimer bis zur Hälfte mit Wasser auf.

2: Durchführung

1. Nimm ein paar Saugnäpfe und drücke von außen an die Eimerwand.
2. Nimm ein paar Saugnäpfe und drücke sie innerhalb des Wassers an die Eimerwand.

Achtung: sei beim Lösen der Saugnäpfe vorsichtig, da sonst der Eimer umkippen kann!

3. Beobachte die beiden Saugnäpfgruppen. Kannst du Unterschiede erkennen?

Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

Bestäubung von Blütenpflanzen

Anleitung

Du brauchst:

- 1x Blütenpflanze: Gänseblümchen oder Magerwiesen-Margerite
- 1x Deckgläschen
- 1x Pinzette
- 1x Pipette
- Sonnenblumenöl
- 1x Bleistift und Buntstifte
- 1x weißes Papier
- 1x Mikroskop
- 1x Objektträger



Wichtige Infos:

Blütenpflanzen wie die Magerwiesen-Margerite oder das Gänseblümchen sind bei der Befruchtung darauf angewiesen, dass ihre Pollen durch z. B. Insekten, Fledermäuse oder Vögel verbreitet werden. Damit die winzigen Blütenpollen an den Tieren haften bleiben, müssen sie bestimmte Strukturen aufweisen, die unter dem Mikroskop betrachtet werden können.

Arbeite vorsichtig mit den Deckgläschen! Diese sind sehr dünn und deshalb auch scharfkantig. Achte unbedingt darauf, dass das Objekt des Mikroskops das Deckgläschen nicht berührt.

Sollte das Deckgläschen zerbrechen, darf es nicht im Mülleimer entsorgt werden! Gib in diesem Fall bitte eine/r Lehrer*in/ Betreuer*in Bescheid.

Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

Bestäubung von Blütenpflanzen

Anleitung

1: Vorbereitung

1. Suche alle Materialien, die auf der Rückseite stehen aus der Forscherbox heraus und lege sie an deinem Arbeitsplatz bereit.

2: Durchführung

1. Gib mit der Pipette einen Tropfen Sonnenblumenöl auf den Objektträger.
2. Löse mit der Pinzette ein Staubblatt (gelb) aus der Blütenpflanze. Reibe vorsichtig mit der Pinzette über das Staubblatt, um Blütenpollen zu lösen.
3. Gib die abgelösten Blütenpollen auf den Öltröpfen, dafür die Pinzette durch das Öl ziehen.
4. Lege vorsichtig ein Deckgläschen auf den Öltröpfen.
5. Lege den Objektträger auf den Objekttisch des Mikroskops und beobachte dein Präparat. Beginne mit der kleinsten Vergrößerung und stelle es scharf.
6. Bevor du zur nächsten Vergrößerungsstufe übergehst, drehe den Objekttisch ganz nach unten.

Das Objekt des Mikroskops darf den Objektträger mit dem Präparat nicht berühren, da sonst Schäden entstehen! Falls dies doch passiert, sage Bescheid.

7. Zeichne das Bild, welches du bei der größten Vergrößerung siehst, auf ein weißes Blatt. Dafür hast du Bleistift und Buntstifte.

Beantworte folgende Fragen auf dem Gruppenplakat:

- a. Welche Aufgabe erfüllen Blütenpollen bei Blütenpflanzen?
- b. Welche Pollenstruktur hilft bei der Haftung an Insekten? Markiere diese zusätzlich in deiner Zeichnung. Diese wird auf das Gruppenplakat geklebt.
- c. Warum sollten Pollen nur an den Insekten haften und nicht kleben?

Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

Haarige Haftung - Wie ein Gecko

Anleitung



Du brauchst:

- 2x Weiße Knete (so groß wie ein Tischtennisball)
- Handbürste
- Wasserfarbkasten
- Pinsel
- kleinen Becher

Wichtige Infos



Geckos haben einen einzigartigen Haftmechanismus, der es ihnen ermöglicht, an fast jede Oberfläche zu haften. Dies wird durch Millionen mikroskopischen Härchen an ihren Füßen ermöglicht. In dieser Station kannst du einen Einblick gewinnen, wie der Geckofuß aufgebaut ist.

1: Vorbereitung

1. Suche alle Materialien, die auf der Liste stehen aus der Forscherbox heraus und lege sie an deinem Arbeitsplatz bereit.
2. Forme zwei gleichgroße Kugeln aus der Knete (die etwa die Größe eines Tischtennisballs haben).
3. Drücke sie etwas platt, sodass eine glatte Oberfläche entsteht.

Tipp: Achte darauf, dass die Knete nicht zu dünn ausgerollt ist.

Haarige Haftung - Wie ein Gecko

Anleitung



2: Durchführung

Unterschiedliche Oberflächen:

1. Fahre mit der glatten Seite der Handbürste (dem Griff) über eine Knete.
2. Beobachte und notiere, ob die Knete haftet.
3. Nun fahre mit der haarigen Seite der Handbürste über die andere platte Knete.
4. Beobachte und notiere den Unterschied der Haftung, der beiden Kneten.

Die Haftoberfläche:

5. Berechne die beiden Knetkugeln wie in der Vorbereitung auf der anderen Seite vor.
6. Befülle nun den Becher mit etwas Wasser und tauche den Pinsel in die Wasserfarben. **TIPP: benutze nicht zu viel Wasser, sondern mehr Farbe.**
7. Male die glatte Seite der Handbürste (Griff) mit Wasserfarbe an und wiederhole Schritt 1.-2.
8. Male die haarige Seite der Handbürste mit Wasserfarbe an und wiederhole Schritt 6.-7.
9. Beobachte, wie groß die Haftoberfläche in beiden Teilversuchen ist.

Haften beim Gecko:

10. Suche das Arbeitsblatt zum Gecko Fuß aus der Forscherbox heraus und bearbeite die Aufgaben. Welche Gemeinsamkeiten zum Experiment fallen dir auf?



Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri



Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

Klett-Komplex: Die verzwickte Welt der Haftung

Anleitung

Du brauchst:

- 4 bis 6 Kletten
- 4x Bilderrahmen mit unterschiedlichem Stoff bezogen
- Lupe
- Handschuhe

Wichtige Infos



Du wirst in diesem Versuch die Frucht der Klette genauer untersuchen. Du wirst herausfinden, wie und warum die Klettfucht an Tierfell oder Kleidung haften bleiben kann.



Die Kletten können bei der Benutzung an den Fingern weh tun. Nutze daher die Handschuhe, um deine Finger zu schützen.

1: Vorbereitung

1. Suche alle Materialien, die oben auf der Liste stehen aus der Forscherbox heraus und lege sie an deinem Arbeitsplatz bereit.

➔ **ACHTUNG:** Handschuhe anziehen, wenn du die Kletten anfassst.

2. Stelle die Bilderrahmen auf oder lehne sie irgendwo an.
3. Überlege nun, bevor du mit der Durchführung anfängst, warum die Kletten an Kleidung oder Tierfell haften bleiben könnte. Schreibe deine Vermutungen (Hypothesen) auf.

Klett-Komplex: Die verzwickte Welt der Haftung

Anleitung



2: Durchführung

1. Siehe dir die Klette genauer an, nutze dazu auch die Lupe. Was fällt dir auf? Notiere deine Beobachtungen.
2. Stelle dir nun erneut die Frage, warum die Kletten an Kleidung oder Tierfell haften bleiben.
3. Nimm so viele Kletten, wie es Bilderrahmen mit Stoffproben gibt.
4. Nimm je Bilderrahmen eine Klette und drücke diese an die Stoffprobe.
5. Mache dir Gedanken über die folgenden Fragen:
 - Was passiert hier?
 - Bleiben die Kletten überall gleich gut haften?
 - Welche Anpassungen hat die Klette in ihre Umgebung und wie profitiert sie davon, sich an verschiedenen Oberflächen festzuhalten?
 - Wie könnten Wissenschaftler*innen die Haftstruktur von Kletten nutzen, um neue technologische Produkte zu entwickeln?



Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri



Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

Gruppenaufgabe und Gruppenexperiment:

Pflanzenwelt – Gruppenexperiment

Ihr braucht:

- 1x Rolle Garn
- 1x Plastikring
- 1x Schere
- 2x Einweghandschuhe
- 1x Klebestift
- 3x Stoffkugeln
- 1x Holzunterlage

Wichtige Infos



Spinnennetze sind komplexe Strukturen, die von Spinnen zur Jagd und zum Schutz vor Feinden verwendet werden. Sie bestehen aus seidenartigem klebrigem Material, das von den Spinnendrüsen der Spinne produziert wird. Die Form und das Muster des Netzes variieren je nach Spinnenart und Jagdstrategie.



Achte darauf, dass der Kleber nur auf der Unterlage genutzt werden darf.

1: Vorbereitung

1. Legt alle Materialien bereit und hakt sie auf der Liste ab.

2: Durchführung

1. Schneidet ein circa 1 m langes Stück Garn von der Rolle ab.
2. Knotet das Garnstück an einer Stelle des Rings fest.
3. Wickelt das Garnstück so um den Ring, dass ein Netzmuster entsteht.
4. Legt das gebastelte Netz auf die Unterlage.
5. Eine Person zieht sich Handschuhe an und verteilt mithilfe des Klebestifts ausreichend Kleber auf dem Garn.
6. Jetzt können die Stoffkugeln an das Netz geworfen werden.



Sollten die Kugeln noch nicht haften, überlegt gemeinsam was ihr an eurem Spinnennetz noch verändern könnt.

CC BY NC SA
Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantini

Kleben und Haften in der Tier- & Pflanzenwelt – Gruppenaufgabe

Ihr braucht:

- Ein vorgefertigtes Gruppenplakat
- Passend für eure Themen kleine AB in DIN A5
- Schere
- Kleine farbige Zettel mit verschiedener Beschriftung (Fixierung, Wundverschluss, Vermehrung, Fortbewegung, Nahrungsbeschaffung)
- Stifte
- Kleber

Gruppenarbeit - Durchführung

- Kommt mit euren Ergebnissen zusammen.
- Füllt das Gruppenplakat zu den Experimenten gemeinsam aus. Jede Person stellt dabei ihr Experiment vor. → Welche Unterschiede könnt ihr bei euren Einzelexperimenten feststellen?
- Füllt auch den Teil des Gruppenplakates zum Gruppenversuch aus und diskutiert über die Fragen.

GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT AM MAIN

Kleben und Haften in der Tier- und Pflanzenwelt - Gruppenplakat

Beschreibe, wie die **Saugnapfe** sich auf rauher und glatter Oberfläche verhalten haben.

Rau:

Glatt:

Wo wird das Prinzip des Tintenfisches noch verwendet? Kennt ihr Beispiele?

Blütenpollen: Klebt die Zeichnung ein.

Warum ist diese Struktur des Pollens wichtig?

Welche Besonderheiten haben **Kletten**? Warum bleiben sie haften und wieso ist das sinnvoll?

Welche Beispiele aus dem Alltag kennst du wo Kletten hängen bleiben?

Wo wird das Prinzip der Klette noch verwendet?

Spinnennetz: Wieso bleibt eine Spinne nicht in ihrem eigenen Netz kleben?

Sammelt Vermutungen: (wir geben auch am Ende die richtige Lösung)

GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT AM MAIN

Kleben und Haften in der Tier- und Pflanzenwelt - Gruppenplakat

Warum kann der Geko mit seinem Fuß an glatten Oberflächen laufen? Erkläre dies anhand seines Fußes.

Gekofuß Bilder

kleinste Vergrößerung

größer

noch größer

größte Vergrößerung

GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT AM MAIN

Zusatzaufgabe:**Zusatzaufgabe****Der Kleber der Natur - Harz als Klebstoff****Du brauchst:**

- Ein Stück Harz 
- kleine Holzstücke 
- Blatt Papier, Pappe, etc
- Ein Feuerzeug 
- Ein Stück Pappe
- Einen Esslöffel

Wichtige Infos

Harz ist eine natürliche, klebrige Substanz, die von Bäumen produziert wird, um Verletzungen zu heilen und den Baum vor Infektionen zu schützen. Durch Erhitzen wird das Harz flüssig, wodurch es als natürlicher Klebstoff verwendet werden kann. Sobald das geschmolzene Harz abkühlt, härt es aus und bildet eine feste Verbindung zwischen den geklebten Gegenständen. Dieses Experiment zeigt, wie effektiv und vielseitig Harz als Klebstoff in der Natur eingesetzt werden kann.

**1: Vorbereitung**

1. Suche alle Materialien, die auf der Liste stehen aus der Forscherbox heraus und lege sie an deinem Arbeitsplatz bereit.
2. Stelle sicher, dass du auf einer Unterlage arbeitest (einem Stück Pappe).



Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

1

Zusatzaufgabe**Der Kleber der Natur - Harz als Klebstoff****2: Durchführung**

3. Lege ein Stück Harz in den Esslöffel.
4. Zünde das Feuerzeug an und halte den Esslöffel mit dem Harz so lange über die Flamme, bis es anfängt zu schmelzen.
TIPP: Dies kann einige Sekunden dauern. Achte darauf, dass du das Harz gleichmäßig erhitzt.
5. Sobald das Harz geschmolzen ist, tropfe es vorsichtig auf ein Holzstück und halte ein weiteres dagegen, sodass sie aneinander kleben.
TIPP: Achte darauf, die zwei Holzstücke über die Pappe zu halten, um die Arbeitsfläche nicht zu verschmutzen.
6. Halte die beiden Holzstücke einige Sekunden fest zusammen, damit das Harz abkühlen und aushärten kann.
7. Beobachte und notiere die Stabilität des Klebers.
8. Wiederhole die Schritte 3-5 mit den anderen Gegenständen (den Blättern), um zu sehen wie gut das Harz als Klebstoff funktioniert.

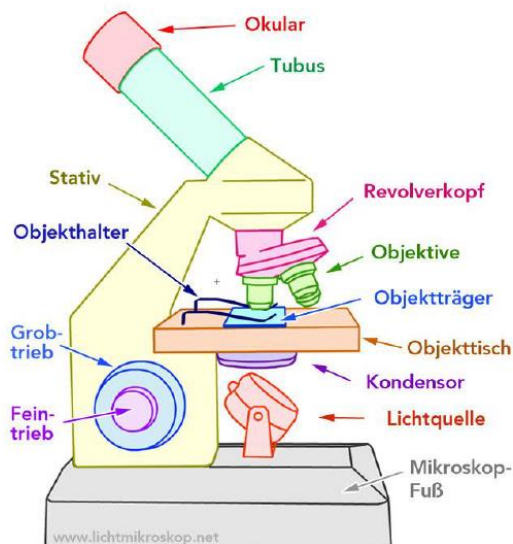
**3: Fragen**

1. Wie lange hat es gedauert, bis das Harz vollständig ausgehärtet ist?
2. Ist Harz als natürlicher Klebstoff für alle Materialien gleich gut verwendbar?



Steht unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA
Lea Mareike Burkhardt, Giulia Pantiri

2

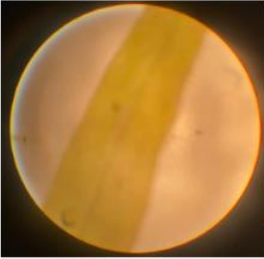
Hilfekarten Mikroskop 1:**Aufbau eines Mikroskops**

Mikroskope gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Manche haben keinen Feintrieb. Andere haben auch zwei Okulare. Es kann sein, dass du von der Schule andere Mikroskope kennst.

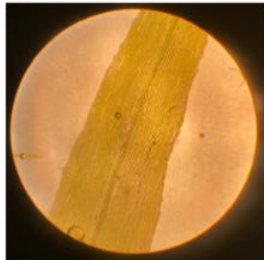
Den Revolverkopf kannst du drehen, um andere Objektive einzustellen.	Nicht alle Mikroskope haben einen Feintrieb . Der Feintrieb dreht langsam und mit kleinen Bewegungen den Objektisch nach oben.
Es gibt je nach Mikroskop 3-4 verschiedene Objektive . Wir fangen immer mit dem kürzesten Objektiv an. Je länger das Objektiv desto größer ist die Vergrößerung.	Der Grobtrieb dreht schneller Objektisch nach oben. Man muss immer vorsichtig sein, dass man nicht zu schnell dreht und sich dann aus Versehen Objektisch und Objektiv berühren.
Den Objektisch kannst du verstellen. An der Seite direkt am Objektisch findest du zwei kleine Rädchen. An diesen kannst du den Objektisch nach vorne $\leftarrow$ hinten und rechts $\leftarrow$ links.	Die Lichtquelle muss immer eingeschaltet sein. Wenn du den Stecker in die Steckdose steckst, gibt es oft am Mikroskop-Fuß noch ein Rädchen, an dem man die Intensität des Lichtes einstellen kann.
Das Präparat (auf dem Objektträger) immer unter die Objekthalter klemmen.	Durch Okular und Tubus schaust du durch. Wenn du deine Wimpern siehst, halte dir ein Auge zu.

Hilfekarten Mikroskop 2:

Mikroskop richtig einstellen

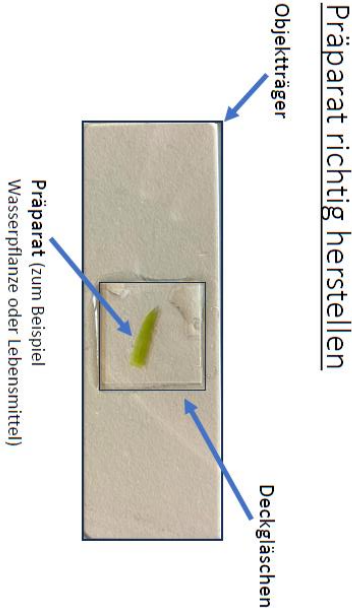


• Falsch → unscharf ✗



• Richtig → scharf ✓

Präparat richtig herstellen



Materialliste Box 1:

Forscherbox - Biologie

Was muss in der Kiste sein?

In der kleinen Kiste in der Forscherbox:

• 1x Handbürste	• Spatel
• Objektträger	• 3 Pipetten
• Deckgläschen	• 1x Pinzette
• 1x Schere	• 3x Stoffkugeln (grün)
• 1x Rolle Garn	• 2x Plastikring
• 1x Lupe	• 1x Pinsel
• Stifte (Buntstifte, Bleistift, Kugelschreiber)	• Zettel (klein)

- 6x beschichtete Holzbretter
- 4x stoffbezogene Bilderrahmen
- 2x blanko Holzbretter (Unterlage Spinnennetz Versuch)
- 14x Saugnäpfe in Pappebox
- 3x Pritt Klebestifte
- 1x Wasserfarbkasten
- 1x Eimer
- 1x kl. Becherglas (25ml)
- 1x gr. Becherglas (150ml)
- 500ml Öl
- Kletten (im Glas)
- Kneten, Blumen und Labkraut (in Plastikbox)
- Gruppenplakat + Zusatz
- Versuchsanleitungen, Hilfekarten, Zusatzaufgaben

8. Eidesstaatliche Versicherung

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwandt habe. Stellen, die anderen benutzten Druckwerken und digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich mit Quellenangaben kenntlich gemacht.

Von Herzen D A N K E,

lieber Denis und liebe Familie, dass ihr mich so sehr mit allem unterstützt habt.

Ohne euch wäre meine Welt um so vieles ärmer. Ihr seid mein Anker, mein Fels in der

Brandung, mein Leuchtturm im Sturm und meine größte Inspiration.

In Liebe,

Eure Tabea